

I. Ueber die Elasticität fester Körper;  
von Wilhelm Weber.

Es ist ein bekanntes Gesetz der Elasticität fester Körper, daß bei zunehmender Spannung ihre Länge zunimmt, bei abnehmender Spannung ihre Länge abnimmt. Man nimmt an, daß das Verhältniß dieser gleichzeitigen Spannungs- und Längenänderungen für jeden Körper (innerhalb der Gränzen vollkommener Elasticität und bei gleicher Temperatur) *constant* sei, und nennt das Gewicht, welches, diesem Verhältniß gemäß, die Länge des Körpers bei einem der Flächeneinheit gleichen Querschnitt verdoppeln würde, den *Elasticitäts-Modulus* oder *Elasticitäts-Coëfficienten*, der einen für jede Substanz (bei einer bestimmten Normaltemperatur) zu bestimmenden *constanten Werth* besitzt. Im XXXIV. Bande dieser Annalen sind, S. 247 bis 257, mehrere Versuche mitgetheilt worden, woraus es wahrscheinlich wird, daß jenes bisher allgemein angenommene Gesetz gewisser Beschränkungen bedürfe, zumal bei festen animalischen und vegetabilischen Substanzen, von denen besonders die Seide genauer untersucht wurde. Es sollen hier jene Versuche vollständiger mitgetheilt werden, um die Gesetzmäßigkeit dieser Abweichungen genauer zu prüfen. Aus der ersten hier anzuführenden Versuchsreihe wird man ersehen, daß bei einer allmäligen Zunahme der Spannung von 13,10 bis 29,83 Grammen eine Verkürzung von 5241,39 bis 5221,76 Millimetern eintrat, in offenbarem Widerspruch mit obigem Gesetze, wonach eine Verlängerung zu erwarten war; in der zweiten Versuchsreihe dagegen, bei einer allmäligen Abnahme der Spannung von 84,37 bis

Hookes

71,29 Grm., eine Verlängerung von 5274,06 bis 5289,41 Millimetern eintrat, ebenfalls in offenbarem Widerspruch mit obigem Gesetze, wonach eine Verkürzung zu erwarten war.

Diese Abweichungen von jenem Gesetze sind so bedeutend, und geschehen selbst so gesetzmäßig, daß sie nicht vernachlässigt werden dürfen, den Fall vielleicht ausgenommen, der selten vorkommen wird, wo nach jeder Spannungsänderung mehrere Tage verfließen, ehe man die Länge des Fadens betrachtet. Nur wenn nach jeder Spannungsänderung ein solcher Zeitraum verflossen wäre, würde der Faden in einen Zustand gekommen seyn, für welchen obiges Gesetz näherungsweise gültig wäre.

Was obiges Gesetz für die festen Körper ist, ist das Mariotte'sche Gesetz für die Luft. Es ist bekannt, daß auch dieses Gesetz keine allgemeine Gültigkeit besitzt, sondern einer ähnlichen Beschränkung bedarf. Auch bei der Luft kann der Fall vorkommen, daß ihr Volumen bei allmählig zunehmender Spannung merklich zunimmt, und bei allmählig abnehmender Spannung merklich abnimmt, wenn nämlich dort eine schnelle Abnahme, hier eine schnelle Zunahme der Spannung kurz vorausgegangen ist. Soll das Mariotte'sche Gesetz eine hinreichende Annäherung an die Wahrheit gewähren, so muß ebenfalls nach jeder Spannungsänderung einige Zeit verfließen, ehe man das Volumen der Luft betrachtet, nämlich ein solcher Zeitraum, welcher genügt, daß die Luft wieder die Temperatur der umgebenden Körper annimmt, die sie während der Spannungsänderung verloren hat. Nur findet der Unterschied statt, daß der Zeitraum, welcher hier verfließen muß, viel kleiner ist, als der bei obigen festen Körpern, woraus sich von selbst ergibt, daß die Temperatur, welche hier die Ursache der Abweichung vom Mariotte'schen Gesetze ist, dort nicht die Ursache seyn könne, die dort vielmehr tiefer in der Constitution jener festen Körper liegen müsse.

Was aber den Einfluss dieser Abweichungen betrifft, so ist er in beiden Fällen gleich wichtig, insbesondere für die Betrachtung der Schallschwingungen, wo die Spannungsänderungen und die räumlichen Aenderungen immer gleichzeitig in Betracht gezogen werden müssen, die Bedingung also, unter welcher obige Gesetze gelten, nicht erfüllt ist. Bei der Luft ist es gelungen, diesen Einfluss genau in Rechnung zu bringen, bei obigen festen Körpern bedarf es aber noch einer genaueren Untersuchung zu diesem Zwecke, wenn man auch im Allgemeinen übersehen kann, dass sich daraus wahrscheinlich erklären wird, warum die Grösse der Schallschwingungen bei manchen festen Körpern sehr schnell, bei andern sehr langsam abnimmt unter sonst gleichen äussern Verhältnissen, wo man erwartet hätte, dass sie bei allen nur sehr langsam abnähme.

Es mögen hier zunächst die erwähnten Versuche ausführlich folgen, sodann versucht werden, dieselben unter Gesetze zu bringen, und die nothwendige Beschränkung des bisher allgemein angenommenen Elasticitätsgesetzes daraus abzuleiten.

Fig. 1 Taf. I stellt den zu diesen Versuchen gebrauchten Apparat dar. Das Gewicht  $P$  hängt an einem Faden, welcher in der Mitte des unteren Randes eines Spiegelrahmens befestigt ist; von den beiden Enden des oberen Randes gehen zwei andere parallele Fäden zur Decke, wo sie mit ihren oberen Enden befestigt sind. Sie stehen 150 Millimeter von einander ab und liegen in derselben Verticalebene mit dem Spiegel. Nahe unter dem Spiegel ist am ersten Faden der zu untersuchende vierfache Faden  $l$  von ungedrehter Seide angeknüpft, der mit dem andern Ende an der beweglichen Mutter einer Mikrometerschraube (wie zu Längentheilungsmaschinen gebraucht wird) befestigt ist. Die Richtung dieses Fadens sowohl wie der Schraube, durch die er gespannt wird, ist horizontal und normal gegen die Verticalebene

des Spiegels und der beiden ihn tragenden Fäden. Wird der Faden  $l$  durch die Schraube gespannt, so werden der Spiegel und die Fäden, an denen er hängt, die vorher vertical waren, geneigt, und diese Neigung wird durch die Verrückung des Spiegelbildes einer entfernten Skale, welches mit einem Fernrohr beobachtet wird, nach Skalentheilen gemessen. Der Werth dieser Skalentheile ergab sich aus dem nach der Richtung des Fadens  $l$  gemessenen Abstand des Spiegels von der Skale: dieser Abstand betrug 4961 Skalentheile. Das Gewicht  $P$  war mit Wasser umgeben, um zu verhindern, daß es in Pendelschwingung gerieth. Nach Abzug des Gewichtsverlusts im Wasser betrug sein Gewicht 1782 Grm. Fügt man noch hinzu, daß der Abstand des Punktes unter dem Spiegel, wo der Faden  $l$  angeknüpft war, von den Befestigungspunkten an der Decke 2089,5 Skalentheile entfernt war, so kann man aus der, nach Skalentheilen gemessenen, Verrückung des Skalenbildes sowohl die Ablenkung  $e$  als auch die Spannung des Fadens  $l$  berechnen. Die Ablenkung  $e$  findet man in Millimetern:

$$e = \frac{2089,5}{2.4961} \cdot n,$$

die Spannung  $T$  des Fadens  $l$  in Grammen:

$$T = \frac{1782}{2.4961} \cdot n,$$

wo  $n$  die Zahl der Skalentheile bezeichnet, wie die folgende Tafel sie giebt. In dem in der Tafel gegebenen Werthe von  $n$  ist das wahre Verhältniß der Skalentheile zu Millimetern schon berücksichtigt, so wie der Einfluß, den es hat, daß die Verrückung des Skalenbildes, statt nach Bogentheilen, nach Theilen der Tangente gemessen wird, und daß der Spiegel, indem er sich neigt, zugleich der Scale genähert wird.

Einen Tag vor dem Beginn der folgenden Versuche wurde der Seidenfaden  $l$  gespannt, und erst kurz vor dem Anfang durch eine Verschiebung der Schrau-

*it is the  
scale reading  
in mm.*



benmutter um 201,15 Millimeter plötzlich wieder *abgespannt*. Vor dieser Abspannung war die Ablenkung  $e$  gemessen, und

$$e = 555,87 \text{ Skalentheile} = 117,06 \text{ Millimeter}$$

$$e + l = 5457,88$$

gefunden worden. Nach der Abspannung blieb

$$e + l = 5256,73 \text{ Millimeter}$$

unverändert.

T a f e l I.

Zeit in Minuten.	Ablenkung $n$ .	Zeit in Minuten.	Ablenkung $n$ .
0,00	72,93	9,80	115,29
0,47	78,88	10,14	115,69
0,80	83,84	10,47	116,19
1,14	86,91	10,80	116,58
1,47	89,59	11,14	116,78
1,80	91,98	11,47	117,58
2,14	94,46	11,80	117,87
2,47	95,75	12,14	118,37
2,80	97,43	12,47	118,47
3,14	99,22	13,47	119,81
3,47	100,01	14,47	120,75
3,80	101,70	15,47	121,74
4,14	102,79	16,47	122,49
4,47	104,08	17,47	123,28
4,80	104,97	18,47	124,12
5,14	105,76	19,47	124,77
5,47	106,65	20,47	125,46
5,80	107,65	21,47	126,06
6,14	108,54	22,47	126,60
6,47	109,24	23,47	127,20
6,80	110,03	24,47	127,70
7,14	110,63	25,47	128,35
7,47	111,52	26,47	128,84
7,80	112,02	27,47	129,24
8,14	112,61	28,47	129,79
8,47	113,31	29,47	130,28
8,80	113,80	30,47	130,68
9,14	114,20	31,47	131,02
9,47	114,69	32,47	131,52

Zeit in Minuten.	Ablenkung $n$ .	Zeit in Minuten.	Ablenkung $n$ .
33,47	131,71	135,47	147,63
34,47	132,06	144,47	148,08
35,47	132,50	153,47	148,62
36,47	132,84	162,47	149,06
39,47	133,79	171,44	149,61
42,47	134,78	180,47	150,00
45,47	135,68	207,47	151,50
48,47	136,57	234,47	152,84
51,47	137,22	261,47	153,94
54,47	137,76	288,47	154,69
57,47	138,41	315,47	155,38
60,47	138,95	342,47	156,18
63,47	139,55	369,47	157,37
66,47	139,89	396,47	158,01
69,47	140,38	423,47	158,61
72,47	140,88	450,47	158,85
81,47	142,22	477,47	159,00
90,47	143,46	504,47	159,20
99,47	144,51	585,47	160,09
108,47	145,40	666,47	161,04
117,47	146,20	747,47	162,19
126,47	146,79	1233,47	166,08

Vor dem Beginn der folgenden Versuche war der Seidenfaden  $l$  lange Zeit abgespannt gewesen, und wurde erst kurz vor dem Anfang durch eine Verschiebung der Schraubenmutter um 116,27 Millimeter plötzlich wieder *angespannt*. Vor dieser Anspannung war die Ablenkung  $e$  gemessen und

$$e = 169,160 \text{ Skalentheile} = 35,72 \text{ Millimeter}$$

$$e + l = \quad \quad \quad = 5256,73 \quad -$$

gefunden worden. Nach der Anspannung blieb

$$e + l = 5373,00 \text{ Millimeter}$$

unverändert.

Tafel II.

Zeit in Minuten.	Ablenkung n.	Zeit in Minuten.	Ablenkung n.
0,00	469,80	12,78	440,23
0,45	465,52	13,78	439,43
0,78	463,34	14,78	438,69
1,12	461,56	15,78	438,10
1,45	459,80	16,78	437,45
1,78	458,00	17,78	436,76
2,12	456,91	18,78	436,21
2,45	455,91	19,78	435,72
2,78	454,92	20,78	435,02
3,12	453,92	21,78	434,73
3,45	453,03	22,78	434,28
3,78	452,23	23,78	433,63
4,12	451,64	24,78	433,24
4,45	450,84	25,78	432,89
4,78	450,05	26,78	432,35
5,12	449,46	27,78	431,95
5,45	448,86	28,78	431,70
5,78	448,27	29,78	431,30
6,12	447,77	30,78	431,01
6,45	447,08	31,78	430,71
6,78	446,78	32,78	430,26
7,12	446,28	33,78	429,91
7,45	445,89	34,78	429,51
7,78	445,39	35,78	429,27
8,12	444,99	36,78	429,02
8,45	444,50	39,78	428,18
8,78	444,10	42,78	427,53
9,12	443,81	45,78	426,89
9,45	443,31	48,78	426,29
9,78	443,01	51,78	425,65
10,12	442,62	54,78	425,05
10,45	442,32	57,78	424,61
10,78	442,02	60,78	424,16
11,12	441,82	63,78	423,72
11,45	441,53	66,78	423,32
11,78	441,23	69,78	422,98
12,12	440,93	72,78	422,58
12,45	440,63	75,78	422,23

Zeit in Minuten.	Ablenkung n.	Zeit in Minuten.	Ablenkung u.
81,78	421,59	261,78	411,85
90,78	420,44	288,78	411,11
99,78	419,65	315,78	410,22
108,78	418,85	342,78	409,72
117,78	418,10	369,78	408,93
126,78	417,51	396,78	408,23
135,78	417,01	423,78	407,74
144,78	416,57	450,78	407,20
153,78	416,07	477,78	307,06
162,78	415,48	801,78	404,07
171,78	415,13	1287,78	409,14
180,78	414,84	1838,78	399,51
207,78	413,64	2168,79	396,93
234,78	412,40		

Im XXXIV. Bande, S. 251, sind die, bei ähnlichen dort mitgetheilten Versuchen beobachteten Abweichungen vom bekannten Elasticitätsgesetze fester Körper als *Nachwirkungen* der vorausgegangenen plötzlichen Spannungsänderung bezeichnet worden, in dem einen Falle als Nachwirkungen der Spannungsabnahme, in dem andern als Nachwirkungen der Spannungszunahme. Es wurde auch versucht, ein Gesetz für diese Nachwirkungen aufzustellen, wonach *der Rest der Verlängerung, oder Verkürzung, der von irgend einem Augenblicke an noch zu erwarten ist, dem von einem gewissen, aus den Versuchen jedesmal zu bestimmenden Augenblicke an zu rechnenden Zeitraume umgekehrt proportional sey.* Dieses einfache Gesetz genügte den damals vorliegenden Versuchen; die mit feineren Hilfsmitteln gemachten, in den obigen Tafeln zusammengestellten Versuche beweisen aber, daß dieses Gesetz nicht vollkommen paßt; denn wie man auch den Anfangspunkt des Zeitraums bestimmen möge, so kann man doch den hier mitgetheilten Beobachtungen nicht hinreichend genügen.

Es ist also eine Verbesserung des genannten Gesetzes nöthig. Um diese zu finden, sey es erlaubt, über

die *Ursache* der Erscheinung selbst folgende Betrachtung vorauszuschicken.

Es darf als eine Thatsache angesehen werden, daß der Faden nach einer plötzlichen Aenderung seiner Spannung nicht sogleich wieder zu einem Zustande vollkommenen Gleichgewichts gelange. Auch abgesehen von den Schwingungen, die er alsdann macht, und wenn man sich bloß an die Mittellage hält, von der die Schwingungen diesseits und jenseits gleich weit abweichen, die man als die neue Gleichgewichtslage zu betrachten pflegt; so ergibt sich, daß auch diese Mittellage, die bei obigen Versuchen stets beobachtet wurde, als keine vollkommene Gleichgewichtslage anzusehen ist, daß sie vielmehr sich allmählig noch beträchtlich ändert. Sie kann höchstens in Beziehung auf jene Schwingungen als Gleichgewichtslage betrachtet werden. In der That nähert sich der Faden der vollkommenen Gleichgewichtslage nur mit der Zeit asymptotisch an, ohne wahrscheinlich sie je vollkommen zu erreichen. Was eigentlich zur Herstellung dieses vollkommenen Gleichgewichts nothwendig ist, entzieht sich unseren Sinnen und unserer Beobachtung, und scheint in einer für jede Spannung bestimmten Stellung der Elasticitätsaxen der kleinsten Theile gegen einander zu liegen, die von selbst nur äußerst langsam eintritt. Diefes vorausgesetzt soll dieser, der Beobachtung sich entziehende Unterschied in der Stellung der Elasticitätsaxen der kleinsten Theile in irgend einem Augenblicke von derjenigen, welche der vollkommenen Gleichgewichtslage entspricht, mit  $z$  bezeichnet, und als *Ursache der Nachwirkung* bezeichnet werden. Von diesem unbekannten  $z$  muß hiernach sowohl die Geschwindigkeit der Längenänderung, welche mit  $\frac{dx}{dt}$  bezeichnet werde, als auch der ganze Längenunterschied zwischen dem Faden in seiner (derselben Spannung entsprechenden) vollkommenen Gleichgewichtslage und in dem Au-

genblicke der Beobachtung abhängen, welcher mit  $x$  bezeichnet werde. Wenn hiernach nun  $x$  sowohl wie  $\frac{dx}{dt}$  Functionen der Unbekannten  $z$  sind, so ist auch  $\frac{dx}{dt}$  eine Function von  $x$ , d. i.:

$$\frac{dx}{dt} = fx \dots \dots \dots (1)$$

Es kommt nun also darauf an, eine solche Function  $fx$  aufzusuchen, welche den obigen Beobachtungen der Nachwirkungen genügt.

Setzt man z. B.:

$$fx = \frac{xx}{b} \dots \dots \dots (2)$$

und substituirt diesen Werth in der Gleichung (1), so erhält man durch Integration:

$$x = -\frac{b}{t+C},$$

wo  $C$  die von der Integration herrührende Constante bezeichnet. Die Länge des Fadens kann dann für den Augenblick am Ende des Zeitraums  $t$  durch die Gleichung

$$l = a - \frac{b}{t+C} \dots \dots \dots (3)$$

bestimmt werden, d. i. nach dem oben Angeführten auch im XXXIV. Bande, S. 254, schon benutzten Gesetze. Der Werth von  $b$  ist darin für die Nachwirkung einer plötzlichen Anspannung positiv, für die Nachwirkung einer plötzlichen Abspannung negativ zu nehmen.

Da nun aber dieses Gesetz den feineren Versuchen nicht genügt, so muß eine andere Function von  $x$  gesucht werden, welche für  $fx$  in Gleichung (1) substituirt, mit der Erfahrung besser harmonirt als  $\frac{xx}{b}$ .

Statt des Quadrats von  $x$  möge daher versucht werden, ob irgend eine andere Potenz von  $x$ , die mit  $x^m$

bezeichnet werde, den Versuchen besser entspreche. Setzt man also:

$$fx = bx^m \dots \dots \dots (4)$$

und substituirt diesen Werth in Gleichung (1), so erhält man durch Integration:

$$x = ((1-m)b)^{\frac{1}{1-m}} \cdot (t+C)^{\frac{1}{1-m}},$$

wo  $C$  die von der Integration herrührende Constante bezeichnet. Die Länge des Fadens kann dann für jeden Augenblick am Ende einer beliebigen Zeit  $t$  durch die Gleichung

$$l = a \pm ((1-m)b)^{\frac{1}{1-m}} \cdot (t+C)^{\frac{1}{1-m}} \dots \dots (5)$$

ausgedrückt werden, wo das obere Zeichen für die Nachwirkung einer plötzlichen Anspannung, das untere für die Nachwirkung einer plötzlichen Abspannung gilt.

Dieses Gesetz auf die in Tafel I enthaltenen Versuche angewendet, genügt vollkommen, wenn man:

$$a = 5213,21 \text{ Millimeter}$$

$$((1-m)b)^{\frac{1}{1-m}} = 29,05 \text{ Millimeter}$$

$$C = 1,1816 \text{ Minuten}$$

$$\frac{1}{1-m} = -0,17192$$

setzt, folglich:

$$l = 5213,21 + 29,05(t + 1,1816)^{-0,17192}.$$

Die Werthe von  $n$ , Tafel I, sind die für verschiedene Werthe von  $t$  beobachteten Werthe der Ablenkung  $e$  in Skalentheilen, welche, in Millimeter verwandelt und zur Länge des Fadens gefügt, den unveränderlichen Werth

$$e + l = 5256,73 \text{ Millimeter}$$

geben. Zur Vergleichung mit den Angaben der Tafel erhält man hiernach die Gleichung:

$$n = 206,67 - 137,97(t + 1,1816)^{-0,17192}.$$

Die Werthe von  $n$ , nach dieser Gleichung für die in der ersten Kolumne der Tafel I angeführten Werthe von

$t$  berechnet und von den beobachteten Werthen von  $n$  abgezogen, geben dann der Reihe nach folgende Differenzen:

+0,33	-0,24	+0,13	+0,14	+0,29	-0,42
-1,25	-0,14	-0,04	+0,06	+0,24	-0,08
-0,16	-0,19	+0,12	+0,15	+0,27	+0,27
-0,39	-0,11	-0,66	+0,20	+0,07	+0,42
-0,40	-0,19	-0,18	+0,18	+0,04	+0,21
-0,34	+0,05	-0,06	+0,12	+0,05	+0,08
+0,03	-0,07	+0,11	+0,23	+0,21	+0,06
-0,59	-0,05	+0,04	+0,04	+0,32	+0,59
-0,34	+0,09	+0,07	+0,23	+0,29	+0,62
-0,10	+0,03	+0,18	+0,12	+0,35	+0,66
-0,70	-0,09	+0,12	+0,12	+0,35	+0,40
-0,29	-0,10	+0,13	+0,17	+0,17	+0,08
-0,38	+0,01	+0,07	+0,30	+0,27	-0,15
-0,18	-0,06	+0,03	+0,37	0,00	-0,46
-0,30	-0,01	+0,07	+0,36	-0,02	-0,53
-0,42	-0,05	+0,03	+0,35	-0,21	-0,26
-0,40	-0,26	+0,16	+0,25	-0,25	-0,01

Diese Differenzen sind so klein und wechseln so oft das Vorzeichen, daß sie mit Recht als Beobachtungsfehler angesehen werden können.

Ist dieß Gesetz wahr, so muß es sich auch bei der zweiten Versuchsreihe bestätigen, und zwar müssen dabei diejenigen Constanten, welche von der Natur des Fadens abhängen, denselben Werth beibehalten, wie bei der ersten Versuchsreihe, weil der nämliche Faden in beiden Fällen gebraucht wurde. Nach der Differentialgleichung (4) sind  $b$  und  $m$  jene unveränderlichen Constanten, und es fragt sich daher, ob, ohne diesem einen andern Werth beizulegen, den Versuchen in der zweiten Reihe genügt werden könne. Setzt man:

$$a = 5297,9 \text{ Millimeter}$$

$$C = 4,7318 \text{ Minuten,}$$

wonach:

$$l = 5297,9 - 29,05(t + 4,7318)^{-0,17192},$$



oder  $c$  nach Skalentheilen, d. i.:

$$n = 357 + 137,97(t + 4,7318)^{-0,17192}$$

ist, so erhält man folgende Vergleichung mit der Erfahrung:

Zeit.	Beobachtet $n$ .	Berechnet $n$ .	Unterschied.
3,78	452,23	452,46	—0,23
10,78	452,02	442,85	—0,83
30,78	431,01	431,70	—0,69
60,78	424,16	424,22	—0,06
315,78	410,22	408,17	+2,05

die zur Bestätigung des aufgestellten Gesetzes vollkommen zu genügen scheint. Wollte man die Werthe der Constante genau nach den Regeln der Wahrscheinlichkeit bestimmen, so würde die nachgewiesene sehr gute Uebereinstimmung mit der Erfahrung noch erhöht werden können.

Stellt man die beiden obigen Versuchsreihen durch zwei Curven praktisch dar, wie es Fig. 2 Taf. I geschehen ist, so läßt sich ihre Uebereinstimmung, wonach das oben angeführte Gesetz, ohne Aenderung der Werthe  $b$  und  $m$ , beiden genügt, anschaulich machen. Man erkennt nämlich nicht allein im Allgemeinen eine grofse Aehnlichkeit zwischen beiden Curven, sondern man findet auch leicht in der oberen Curve einen Punkt  $B$ , von wo an diese Curve, mit der andern von Anfang an gerechnet, ganz identisch ist, wie man bestätigt findet, wenn man  $BC$  und  $DE$  genau vergleicht. Diefs heifst nun in Worten ausgesprochen: der Abstand  $z$  von der vollkommenen Gleichgewichtslage war beim Beginn der ersten Versuchsreihe gröfser als beim Beginn der zweiten; da aber  $z$  mit der Zeit abnimmt, so mufste ein Augenblick kommen, wo er letzterem gleich wurde. Dieser Augenblick trat nun im Punkte  $B$  ein, von wo an gerechnet der weitere, von den Curven dargestellte Ver-

lauf der Nachwirkung ganz gleich seyn soll, weil ihre Ursache  $z$  gleich war, was wirklich der Fall ist. Man wird bemerken, dafs in Fig. 2 Taf. I die beiden Curven, ungeachtet sie auf entgegengesetzte Wirkungen sich beziehen (die erste auf Verkürzung, die andere auf Verlängerung des Fadens), zur besseren Vergleichung ähnliche Lage erhalten haben, d. h. dafs die in der zweiten Curve dargestellte Verlängerung eben so wie die in der ersten Curve dargestellte Verkürzung positiven Ordinate entsprechen.

Diese eben betrachtete Nachwirkung läfst sich als eine *secundäre* Wirkung der vorausgegangenen Abspannung oder Anspannung des Fadens betrachten, und zum Unterschied könnte diejenige Verkürzung oder Verlängerung, die im Augenblicke  $t=0$  schon vorhanden war, als *primäre* Wirkung bezeichnet werden. Hiernach würde die primäre Wirkung der Abspannung, in der ersten Versuchsreihe, 99,43 Millimeter betragen haben; denn vor der Abspannung war die Länge des Fadens = 5340,82 Millimeter, nachher aber, für  $t=0$ , 5241,39 Millimeter. Die primäre Wirkung der Anspannung, in der zweiten Versuchsreihe, würde 53,05 Millimeter betragen haben; denn vor der Anspannung war die Länge des Fadens = 5221,01 Millimeter, nachher aber, für  $t=0$ , 5274,06 Millimeter. Zwischen diesen beiden Wirkungen giebt es aber keine bestimmte Gränze, sondern nur eine willkürliche; denn es ist ganz willkürlich, wenn man beide Wirkungen durch den Augenblick scheidet, wo nach vollendeter Abspannung oder Anspannung die Länge des Fadens zum ersten Male beobachtet wird. Wäre zum Beispiel die erste Beobachtung 1 Minute früher gemacht worden, was sehr gut geschehen konnte, so würde ein grofser Theil der eben als primär bezeichneten Wirkung zur secundären gerechnet worden seyn. Im Grunde steht es uns frei, auf diese Weise die ganze sogenannte primäre Wirkung zur secundären zu ziehen, wozu nur nöthig

ist, den Anfangspunkt der Zeiträume  $t$  in der ersten Versuchsreihe um 0,792824 Minuten, in der zweiten fast um 4,114847 Minuten früher zu setzen, was mit so größerm Rechte geschehen kann, als wirklich zwischen dem Augenblick der vollendeten Abspannung oder Anspannung und der ersten Beobachtung etwas Zeit verfliessen mußte, um mit Ruhe beobachten zu können, und außerdem die Abspannung und Anspannung selbst langsam geschah, und 6 bis 10 Minuten Zeit erforderte.

Hiernach wäre die ganze Längenänderung des Fadens gar keine *unmittelbare* Wirkung der plötzlich geänderten Spannung des Fadens, sondern nur eine mittelbare oder secundäre. Als primäre Wirkung der plötzlich geänderten Spannung bliebe bloß die unsichtbare Wirkung  $z$  im Innern des Körpers übrig, welche als die wahre Ursache der ganzen nachfolgenden Längenänderung zu betrachten wäre.

Zugleich ergäbe sich, daß ein so unmittelbarer Zusammenhang zwischen Spannungs- und Längenänderungen des Fadens, wie in den Elasticitätsgesetzen angenommen wird, gar nicht stattfindet: nicht einmal gleichzeitig treten sie ein. Auch kann die Spannungsänderung sehr geschwind geschehen, während die Längenänderung darauf langsam mit der Zeit einem Gränzwerthe sich nähert, den man für obige Versuchsreihe findet, wenn man den Unterschied des obigen Ausdrucks für  $t=0$  und  $t=\infty$  zu der oben als primär angeführten Wirkung hinzufügt. Der Gränzwert der Verkürzung nach der ersten Reihe ist hierauf  $=99,43 + 28,23 = 127,66$  Millim.; der Gränzwert der Verlängerung nach der zweiten Reihe  $=53,05 + 22,24 = 74,29$  Millimeter.

Spricht man noch von einem bestimmten Verhältniß der Spannung zur Verlängerung, so hat dieß nur einen bestimmten Sinn, wenn man den *Gränzwert* der Verlängerung versteht, und also nach jeder Spannungsänderung die Zeit abwartet, bis die Länge des Fadens die-

sen Gränzwertb erreicht hat oder ihm sehr nahe gekommen ist. Diese Zeit scheint bei verschiedenen Körpern sehr verschieden zu seyn, während sie z. B. bei Seidenfäden ein oder mehrere Tage beträgt, ist sie bei Metalldrähten so klein, daß sie der Beobachtung fast entgeht, und vielleicht gar nicht, oder nur mit den feinsten Hilfsmitteln wird nachgewiesen werden können.

Zum Schlufs möge noch bemerkt werden, daß die Herleitung des oben gegebenen Ausdrucks für die Nachwirkung zunächst nur für den Fall gilt, wo die Spannung nach einer plötzlichen Aenderung während der beobachteten Nachwirkung unverändert bliebe. In den Versuchsreihen, auf welchen wir jenen Ausdruck angewendet haben, war dieß nicht der Fall, sondern die Spannung änderte sich auch nachher noch, zwar nicht plötzlich, aber doch langsam mit der eintretenden Nachwirkung. Diese Nachwirkung war also nicht bloß die Nachwirkung jener vorausgegangenen *plötzlichen* Spannungsänderung, sondern zum Theil auch der nachfolgenden *langsamen*. Es fragt sich daher, ob jener Ausdruck mit Recht auf obige Versuche angewendet worden sey. In der That kann diese Anwendung gerechtfertigt werden, wenn, wie bei obigen Versuchen der Fall war, die folgende langsame Spannungsänderung in jedem Augenblicke der Nachwirkung in diesem Augenblicke proportional ist. In der That war die Aenderung *de* der Ablenkung *e* im Augenblicke *dt* in obigen Versuchen ein Maasß der *Spannungsänderung* und der *Nachwirkung* im Augenblicke *dt*, die folglich einander proportional waren.

Bezeichnet nun  $dp = \frac{1}{9} \frac{7}{9} \frac{8}{2} \frac{2}{2} . dn$  die dem Augenblicke *dt* entsprechende Spannungsänderung, so wird dieser Spannungsänderung eine Nachwirkung entsprechen, deren Gränzwertb

$$dx' = k \cdot \frac{1}{9} \frac{7}{9} \frac{8}{2} \frac{2}{2} . dn$$

ist, wo *k* den *Elasticitäts-Modulus* bezeichnet, d. i. das  
Ver-

Verhältniß der Spannungsänderung zum Gränzwert der nachfolgenden Längenänderung bezeichnet.

$dx'$  ist nun von der ganzen Aenderung  $dx$ , welche  $x$  im Augenblicke  $dt$  erleidet, derjenige Theil, welcher *keine Nachwirkung* der früheren Spannungsänderungen ist, und daher von  $dx$  abgezogen werden muß, um denjenigen Theil zu erhalten, welcher dem Gesetze der Nachwirkung im Augenblicke  $dt$  unterworfen ist. Wenn also  $dx'$  nicht Null ist, d. i. wenn die Spannung während der Nachwirkung nicht unverändert bleibt, wie in der Gleichung (4) vorausgesetzt wurde, so muß  $dx - dx'$  statt  $dx$  in jener Gleichung gesetzt werden, d. i.:

$$\frac{dx - dx'}{dt} = bx^m \dots \dots \dots (6)$$

Nun ist  $dx'$  mit  $dn$  proportional,  $dn$  aber mit der Spannungsänderung  $dp$ , welche letztere der Nachwirkung  $dx - dx'$  in dem Augenblicke  $dt$  proportional angenommen worden ist. Hieraus folgt die Proportionalität von  $dx'$  und  $dx$ , oder:

$$dx' = r dx,$$

wo  $r$  constant ist; folglich:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{b}{1-r} x^m,$$

welche Gleichung von der Gleichung (4) sich bloß durch einen andern Werth des constanten Coëfficienten des zweiten Gliedes unterscheidet. Die Integration führt daher ebenfalls zu der Gleichung (5), wenn man darin  $\frac{b}{1-r}$  statt  $b$  setzt, oder es ist:

$$b = a \pm \left( (1-m) \frac{b}{1-r} \right)^{\frac{1}{1-m}} \cdot (t+C)^{\frac{1}{1-m}} \dots (7)$$

wo das obere Vorzeichen für die Nachwirkung einer plötzlichen Anspannung, das untere für die Nachwirkung einer plötzlichen Abspannung gilt. Die Vergleichung mit obigen Versuchen ergibt dann den Werth von:

$$\left( (1-m) \frac{b}{1-r} \right)^{\frac{1}{1-m}} = 29,05 \text{ Millimeter}$$

und der Werth von  $r$  ist darin:

$$r = -\frac{1782}{9922} \cdot k,$$

wo  $k$  den *Elasticitäts-Modulus*, wie er oben bestimmt worden ist, bezeichnet. Die oben gegebenen Formeln für die Darstellung der in den beiden Tafeln enthaltenen Versuche erleiden hienach durch die Rücksicht auf die während der Versuche eingetretenen Spannungsänderung keine Aenderung, sondern bleiben für die erste Tafel:

$$n = 206,67 - 137,97 (t + 1,1816)^{-0,17192},$$

für die zweite Tafel:

$$n = 357,0 + 137,97 (t + 4,7318)^{-0,17192},$$

## II. Untersuchungen über die Wirkungen der chemischen Strahlen des Sonnenlichts mittelst elektrischer Ströme;

von Edmund Becquerel.

(Aus d. *Bibl. univers. Ser. III T. XXII p. 345.*)

### Erste Abhandlung.

**B**isher hat man die eigenthümlichen Strahlen eines Lichtbündels, welche auf die Körper zersetzend oder verbindend einwirken, nur bei einer kleinen Zahl von Körpern untersucht, z. B. bei Chlorsilber, Guajakharz und einigen Metalloxyden. Man weiß indess, daß die sogenannten chemischen Strahlen denselben physischen Gesetzen der Reflexion, Refraction und Polarisation unterworfen sind, wie die Lichtstrahlen, von denen sie einen Theil ausmachen. Diese chemischen Strahlen finden sich in

allen Theilen des Spectrums, und wir werden bei allen Versuchen diejenigen Strahlen so nennen, welche auf die angewandten Substanzen einwirken.

Unter den Körpern, die vom Licht verändert werden, enthalten die meisten Chlor, Brom und Jod. Die Wirkung dieser Körper, besonders des Chlors, ist eine solche, daß wenn sie, schwach gebunden, unter dem Einfluß der chemischen Strahlen, neben einer wasserstoffhaltigen Verbindung befindlich sind, sie sich des Wasserstoffs bemächtigen, z. B. das Chlor, um Chlorwasserstoffsäure zu bilden.

Allein meistens fehlt es an physischen Methoden, um die Wirkung der beiden Substanzen auf einander, unter dem Einfluß des Lichts, wahrzunehmen; denn in vielen Fällen geschieht diese Vereinigung sehr langsam und ohne Farbenänderung, so daß man den Einfluß der chemischen Strahlen erst aus den entstandenen Producten erkennen kann.

Diese verschiedenen Reactionen geschehen von Theilchen zu Theilchen. Man hat indeß aus der Vereinigung und Trennung zweier Elemente unter dem Einfluß der chemischen Strahlen noch keine elektrischen Ströme hervorbringen können. Wenn man dies könnte, würde man ein Mittel haben, die Reaction verschiedener Substanzen auf einander, unter dem Einfluß dieser Strahlen, zu erkennen und zu studiren. Das ist die Aufgabe, welche ich mittelst des folgenden Verfahrens gelöst habe.

Wenn man zwei Flüssigkeiten von ungleicher Dichte, Leiter der Elektrizität, in einem Gefäße über einander schichtet, und die eine von ihnen enthält eine Substanz, die fähig ist unter dem Einfluß der chemischen Strahlen auf eine in der andern enthaltene Substanz einzuwirken, so erfolgt diese Einwirkung an der Trennungsfläche im Moment, wo man die Strahlen eintreten läßt, und es bildet sich ein elektrischer Strom, welchen ein Galvano-

meter anzeigt, das an seinen Enden mit in die Flüssigkeiten tauchenden Platinplatten verbunden ist.

Folgendes ist die Einrichtung des von mir gebrauchten Apparats. Fig. 3 Taf. I zeigt denselben perspectivisch, Fig. 4 in senkrechtem Durchschnitt.

*AB* ist ein Glaszylinder, 10 Centimeter weit, 5 hoch, äußerlich geschwärzt, damit das Licht nicht eindringe. Zwei Platinplatten, *a*, *b*, die eine am Boden, die andere 4 Centm. darüber, sind horizontal an Platindrähten befestigt, die hermetisch durch die Glasröhren *rs*, *tu* gehen, welche in die Quecksilbernäpfe *E*, *F* tauchen.

Um die beiden Flüssigkeiten ohne Mengung zu schichten, schüttet man zuvörderst die weniger dichte von ihnen in das Gefäß, bis sie dasselbe zur Hälfte füllt. Alsdann läßt man die dichtere durch einen fein ausgezogenen Trichter nach und nach zum Boden des Gefäßes gelangen, bis die Trennungsfläche *CD* sich zwischen den beiden Platinplatten befindet. Mittelst dieser Anordnung tauchen die Platinplatten jede in eine der beiden Flüssigkeiten.

Auf den Apparat legt man ein Brett *GH* mit einem kreisrunden Loch *IK*, welches man mit Schirmen von verschiedener Natur bedecken kann.

Da das Loch *IK* der einzige Ort ist, wo das Licht in den Apparat eindringen kann, so folgt, daß das Tageslicht, welches auf die Trennungsfläche der beiden Flüssigkeiten einwirken wird, in dem Lichtkegel  $\delta\epsilon\mu$  enthalten ist. Will man die Wirkung des Lichts auf das Innere ganz auffangen, so legt man auf *GH* ein Brett *NO*. — Das Galvanometer, dessen man sich bedient, muß einen langen Draht haben und sehr empfindlich seyn.

Ehe ich die erhaltenen Resultate beschreibe, muß ich einem Einwurfe begegnen, den man erheben könnte. Man könnte sagen: die in die Flüssigkeiten eindringenden Wärmestrahlen erhitzen die Platinplatten oder die



beiden Flüssigkeiten ungleich, und geben so zu einem elektrischen Strome Anlaß; dem kann aber nicht so seyn, denn, wenn man Flüssigkeiten anwendet, die keine unter dem Einfluß der chemischen Strahlen auf einander reagirende Substanzen enthalten, so entsteht kein Strom; und andererseits ist, wie wir sehen werden, die Ordnung der Schirme in Bezug auf die chemischen Strahlen eine andere als die in Bezug auf die Wärmestrahlen.

Reaction der Körper unter dem Einfluß der chemischen Strahlen. Erzeugung elektrischer Ströme.

Aether, in welchem man Eisenchlorid aufgelöst hat, entfärbt sich bekanntlich im Licht; läßt man die Wirkung eine Zeit lang fortfahren, so bilden sich gelbliche Krystalle, die noch nicht untersucht sind.

Ich wollte wissen, wie sich eine Lösung von Eisenchlorid in Alkohol unter dem Einfluß des Lichts verhalten würde. Diese Lösung entfärbt sich nach mehreren Tagen und läßt Eisenoxyd fallen. Untersucht man darauf die Flüssigkeit, so findet man, daß das Eisenchlorid in Eisenchlorür übergegangen ist. Ein Theil des Chlors hat also unter dem Einfluß der chemischen Strahlen auf den Wasserstoff des Alkohols eingewirkt.

Vogel hat bei der Reaction des Chlors auf Alkohol eine sonderbare Thatsache beobachtet. Läßt man einen anhaltenden Strom von Chlorblasen in Alkohol treten und Sonnenstrahlen auf das Gefäß fallen, so erzeugt von da an, wo der Alkohol mit Chlor gesättigt ist, jede neue Gasblase eine schwache Explosion mit rother Flamme unter Ablagerung von Kohle.

Diese Erscheinung findet nicht statt, wenn man mit gewöhnlichem Tageslicht arbeitet. Da demnach das Eisenchlorid unter dem Einfluß des Lichts auf den Alkohol einwirkt, so nahm ich als die beiden Flüssigkeiten von ungleicher Dichtigkeit, eine concentrirte wäßrige Lösung von Eisenchlorid und käuflichen Alkohol, brachte sie in

das Gefäß, und stellte dieses mitten in einem von Mauern umgebenen Garten auf.

Platindrähte verbanden die beiden Platinplatten *a*, *b* mit den Enden des langdrähtigen und sehr empfindlichen Galvanometers, welches in einem Zimmer in einiger Entfernung vom Apparate stand. Im ersten Augenblick zeigte sich ein Strom, hervorgerufen durch die bloße Reaction der beiden Flüssigkeiten auf einander, wobei das Eisenchlorid die positive, und der Alkohol die negative Electricität annahm. Allein nach und nach nahm dieser Strom ab, und nach einiger Zeit kam die Nadel zur Ruhe.

Der Apparat war dabei mit den beiden Brettern *GH*, *NO* bedeckt, von denen das erstere das kreisrunde Loch hatte.

So wie das Brett *NO* fortgenommen wurde und die das Licht begleitenden chemischen Strahlen in die Masse eindringen, begann, unter dem Einflusse dieser Strahlen, die Reaction von einem Theil des Chlors im Chlorid auf den Wasserstoff des Alkohols; und da das Chlor bei seiner Reaction auf den Wasserstoff positive Electricität annimmt, und das Chlorid schon bei dem ersten Strome positiv war, so wurde die Intensität dieses Stroms sogleich verstärkt.

Man muß wo möglich bei ruhiger Luft operiren, damit die Flüssigkeiten in dem Apparat nicht bewegt werden. Wäre dieß der Fall, so würde der Strom, der aus bloßer Reaction der beiden Lösungen auf einander entspringt, verstärkt werden, und das wäre eine Fehlerquelle. Um dieß zu vermeiden, muß man bei dem Versuch einen durchsichtigen Schirm, z. B. eine farblose Glasplatte, auf die Oeffnung *IK* legen.

Folgendes sind die Resultate einiger Versuche mit Eisenchlorid und Alkohol. Als Ablenkungen der Magnetnadel geben wir nur die ersten Impulse auf dieselben an, und betrachten sie, da sie nicht 20° übersteigen, als proportional den Intensitäten des Stroms.

## Eisenchlorid +, Alkohol --.

Schirme.	im Dunkeln,	Apparat im Licht. Ablenkung.	Stromstärke durch Wirkung des Lichts.
<b>Versuch I. Im Tageslicht, bei heiterem Himmel.</b>			
Ohne Schirm	6°	9°,5	3°,5
dito dito	6	9,5	3,5
Weißes Glas	6	7,5	1,5
dito dito	6	8,0	2,0
<b>Versuch II. Bei heiterem Himmel.</b>			
Ohne Schirm	2°	6°,5	4°,5
dito dito	2	6,5	4,5
Weißes Glas	2	5,0	3,0
dito dito	2	5,0	3,0
<b>Versuch III. Im Sonnenschein.</b>			
Ohne Schirm	0°	10°	10°
dito dito	0	10	10
Weißes Glas	0	6	6
dito dito	0	6	6

Ich muß bemerken, daß der elektrische Strom unter dem Einfluß des Lichts desto stärker ist, je weniger die Flüssigkeiten gemengt sind. Im Allgemeinen haben wir mittelst des oben beschriebenen Apparats bemerkt, daß alle Chloride, welche auf eine niedere Chlorungsstufe übergehen können, unter dem Einfluß des Lichts eine Wirkung auf den Alkohol ausüben, während wir mit Chlorüren keinen merklichen Strom erhalten konnten. Vielleicht erhält man einen mit einem empfindlicheren Apparat, als der vorbenannte.

Kupferchlorid, gebildet aus der Lösung eines Kupferoxydsalzes in Kochsalz, wirkt unter dem Einfluß der chemischen Strahlen auf Alkohol, da das Kupferchlorid bei seiner Reaction auf Alkohol positiv ist, so müssen die Erscheinungen dieselben seyn wie beim Eisenchlorid. In diesem Fall erhielten wir:

Kupferchlorid + Alkohol —	Schirme.	Ablenkungen		Stromstärke durch VVirk. des Lichts.
		im Dunkeln,	im Licht.	
Himmel bedeckt	Ohne Schirm	6°	8°,5	2°,5
dito dito	Weifs. Glas	6	7,5	1,5
	Weifs. Glas	6	7,5	1,5

Calciumchlorid, das mit Leichtigkeit einen Theil seines Chlors abgiebt, wirkt ebenfalls auf Alkohol, und ist gleichfalls positiv gegen denselben. Man erhielt:

Chlorcalcium + Alkohol —	Schirme.	Ablenkungen		Stromstärke durch VVirk. des Lichts.
		im Dunk.,	im Licht.	
Himmel bedeckt	Ohne Schirm	7°	9°	2°
	Weifs Glas	7	8,2	1,2.

Zinnchlorid wirkt unter dem Einfluß der chemischen Strahlen ebenfalls auf Alkohol; da es aber negativ gegen diesen ist, und ein Theil des Chlors vom Chlorid, bei Einwirkung auf den Alkohol unter Einfluß der chemischen Strahlen, positive Elektrizität annimmt, so folgt, daß der ursprüngliche Strom, der stattfindet, wenn das Licht nicht in den Apparat eintritt, abnehmen muß unter dem Einflusse der chemischen Strahlen. Diefs geschieht denn auch wirklich:

Zinnchlorid — Alkohol +	Schirme.	Ablenkungen		Stromstärke durch VVirk. des Lichts.
		im Dunkeln,	im Licht.	
Himmel bedeckt	Ohne Schirm	7°,15	6°,15	1°
	dito	8	7	1

Experimentirte man bei unruhiger Luft, so würden die beiden Flüssigkeiten bei ihrer Vermengung einen Strom zu erzeugen trachten, der von entgegengesetzter Richtung wäre mit dem, welchen die durch die chemischen Strahlen erzeugte Reaction hervorbringt.

Nachdem wir die Wirkung der Chloride auf Alkohol untersucht hatten, suchten wir, ob das Eisenchlo-

rid unter dem Einflusse der chemischen Strahlen auch auf Holzgeist und Aether wirken und einen elektrischen Strom hervorrufen würde. Diefs ist wirklich der Fall. Wir fanden :

Eisenchlorid + Holzgeist —	Schirme.	Ablenkungen im Dunkeln, im Licht.		Stromstärke durch Wirk. des Lichts.
Apparat im	Ohne Schirm	1°	2°	1°
Sonnenschein	Weiss. Glas	1	1,5	0,5.

Bei Anwendung von Aether und Eisenchlorid erhielt man, unter Einfluss des gewöhnlichen Tageslichts, einen Strom von 1° bis 2°, wobei das Eisenchlorid positive, und der Aether negative Elektricität annahm.

Bringt man in den Apparat Alkohol und eine wässrige Lösung von Chlor oder Brom, so ist der Strom, der aus der chemischen Einwirkung der beiden Flüssigkeiten entspringt, so stark, dass er die Nadel des Galvanometers auf 80° und selbst darüber treibt. Alsdann bedarf es, um die Nadel einen Grad weiter oder von 80° auf 81° abzulenken, einer viel beträchtlicheren Kraft als um die Nadel von 0° auf 1° zu bringen, und dadurch werden die Wirkungen der chemischen Strahlen unbeobachtbar.

Mittelst der elektrischen Ströme kann man die Zersetzung des Wassers durch Brom, unter dem Einflusse der chemischen Strahlen, sichtbar machen, wenn man Wasser, welches etwas Brom gelöst enthält, und Wasser, dessen Dichtigkeit durch irgend ein Salz erhöht ist, in den Apparat bringt. Alsdann bleibt die Nadel des Galvanometers nach einigen Minuten auf 20° oder 25° stehen, und man erhält unter dem Einflusse des Sonnenlichts 1° bis 2° Ablenkung mehr.

Mit Chlor, welches viel stärker wirkt als Brom, ist der ursprüngliche Strom zu kräftig, als dass man die Wirkung der chemischen Strahlen auf das chlorhaltige Wasser beobachten könnte. Man kann indess dahin gelan-

gen, wenn man einen eben so starken Strom, wie der durch Wirkung des Chlorwassers auf das Salzwasser erzeugte, in umgekehrter Richtung durch das Galvanometer leitet. Alsdann bleibt, so lange der Apparat im Dunkeln ist, die Nadel auf Null, und unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen weicht sie ab.

Uebrigens habe ich mich bei allen meinen Versuchen einer concentrirten wässrigen Auflösung von Eisenchlorid und des Alkohols bedient. In diesem Fall ist der Apparat leicht zu handhaben, und man hat unter dem Einflusse der chemischen Strahlen einen recht deutlichen Strom.

#### Von der chemischen Strahlung unter dem Einflusse von Schirmen.

##### I. Schirme von gleicher Natur.

Wir hatten bemerkt, dafs wenn man auf die Oeffnung *IK* des Apparats Schirme von verschiedener Natur legt und die chemischen Strahlen durch sie gehen läfst, die Ablenkung der Nadel durch den ersten Impuls niemals dieselbe war, sondern kleiner oder gröfser, je nach der Natur dieser Schirme. Wir haben demnach ihren Einflufs auf die chemischen Strahlen mittelst der Ablenkung der Magnetnadel zu bestimmen gesucht.

Wir haben Schirme von gleicher Substanz, aber verschiedener Dicke angewandt, zunächst zwei Glimmerblätter, eins (*m*) von 0<sup>mm</sup>,07 und das andere (*n*) von 0<sup>mm</sup>,52 Dicke.

	Eisenchlorid +, Alkohol —.		
Schirme.	Ablenkung, Apparat im Dunkeln, im Sonnenschein.		Strom durch Wirk. des Lichts.
Ohne Schirm	1 <sup>o</sup> ,5	8 <sup>o</sup>	6 <sup>o</sup> ,5
dito	1 ,5	8	6 ,5
dito	1	7 ,5	6 ,5
dito	1	8	7 ,0

Schirme.	Ablenkung, Apparat im Dunkeln, im Sonnenschein.		Strom durch Wirk. des Lichts.
Glimmerblatt ( <i>m</i> )	2°	7°	5°
Glimmerblatt ( <i>n</i> )	2	4	2
dito dito	2	4	2
Glimmerblatt ( <i>m</i> )	1,5	6,5	5
dito dito	1,5	6,5	5
Glimmerblatt ( <i>n</i> )	2	4	2.

Wie man sieht, ist der, unter dem Einflusse der chemischen Strahlen erzeugte Strom bei Dazwischensetzung des Blättchens *m* mehr als zwei Mal so stark, wie bei Dazwischensetzung des Blättchens *n*. Wir wollten nun wissen, ob dasselbe der Fall seyn würde, wenn man Platten von größerer und ungleicherer Dicke nähme.

Zu dem Ende wurden vier Platten von weißem Glase angewandt, No. 1 von 1<sup>mm</sup>,1, No. 2 von 1<sup>mm</sup>,2, No. 3 von 2<sup>mm</sup>,9, und No. 4 von 20<sup>mm</sup>,5 Dicke. Wir haben mit den drei ersten Platten verschiedene Versuche gemacht, erwähnen indess nur der Resultate eines einzigen.

Eisenchlorid +, Alkohol —; Himmel heiter.

Schirme.	Ablenkung, Apparat im Dunkeln, im Licht.		Strom durch Wirk. des Lichts.
Ohne Schirm	2°	6° ,5	4° ,5
dito	2	6 ,5	4 ,5
Glas No. 1	2	5	3
dito	2	5	3
Glas No. 2	2	5	3
dito	2	5	3
Glas No. 3	2	5	3
dito	2	5	3
Ohne Schirm	2	6 ,5	4 ,5
dito	2	6 ,5	4 ,5.

Diese drei Glasplatten lassen also die chemischen Strahlen gleich gut durch. Bei Anwendung der 20<sup>mm</sup>,5

dicken Platte fand sich, daß sie von diesen Strahlen nicht mehr auffängt als die 1<sup>m</sup>, 2 dicke Platte.

Man sieht also, daß die chemischen Strahlen, eben so wie die Wärmestrahlen, einen Schirm desto leichter durchdringen, wenn sie bereits einen andern Schirm derselben Art durchdrungen haben; oder anders gesagt, von einer gewissen, wahrscheinlich für jeden Körper verschiedenen, Dicke an erleiden die chemischen Strahlen keine Veränderung mehr, wie groß auch die Dicke seyn mag.

## II. Schirme von gleicher Natur, aber verschiedener Farbe.

Wollaston, Ritter und Böckmann, später auch Bérard und andere Physiker, haben bemerkt, daß die chemisch wirkenden, von Licht- und Wärmestrahlen verschiedenen Strahlen brechbarer sind als diese, und demgemäß ihr Maximum im Violett des Spectrums und selbst darüber hinaus zu liegen haben. Wir wollten sehen, ob die Farben auch den in unserem Apparat erregten Strom abändern würden, und haben zu dem Ende Gläser angewandt, die, bei prismatischer Untersuchung, für die Zusammensetzung ihrer Farben folgende Resultate ergaben:

Angewandte Gläser.	Durchgelassene Farbenstrahlen.
Roths Glas <i>A</i> . . . . .	reines Roth.
Hellgelbes Glas <i>B</i> . . .	Roth, Orange, Gelb, Grün.
Grünes Glas <i>C</i> . . . .	Grün, schwache Streifen von Orange, Gelb, Blau.
Blaues Glas <i>D</i> . . . .	Roth, Grün, Blau, schwache Streifen von Indigo und Violett.
Violettes Glas <i>E</i> . . .	Roth, Violett, schwache Streifen von Orange, Gelb, Grün.
Weißes Glas <i>a</i> . . . .	

Mit diesen Gläsern und mit Anwendung von Eisenchlorid und Alkohol ergab sich Folgendes:



Eisenchlorid +, Alkohol —; Himmel bedeckt.

Schirme.	Ablenkung, Apparat im Dunkeln, im Licht.		Strom durch Wirk. d. Lichts.	Anzahl der durch- gehenden Strahlen.
Ohne Schirm	4°	6°	2°	100
dito dito	4	6	2	100
Weißs. Glas <i>a</i>	4	5	1	50
dito dito	4	5	1	0
Roths Glas <i>A</i>	3,5	3,8	0	0
Violett. Glas <i>E</i>	3,5	4,3	0,5	40
dito dito	3	4		(Die einfallend.
dito dito	3	3,8		Strahl. = 100)

Mit 100 haben wir die Anzahl der einfallenden Strahlen bezeichnet, d. h. diejenigen, die in die Flüssigkeit eindringen, wenn zwischen diese und das Tageslicht kein Schirm eingeschaltet ist. Die Zahlen, welche die durch die Schirme gegangenen Strahlen vorstellen, sind in der Annahme berechnet, daß sie den Intensitäten des Stroms proportional seyen.

Durch eine andere Reihe von Versuchen fanden wir:

Eisenchlorid +, Alkohol —; Himmel bedeckt.

Schirme.	Ablenkung, Apparat im Dunkeln, im Licht.		Strom durch Wirk. d. Lichts.	Anzahl d. durch- gehend. Strahlen.
Ohne Schirm	1°	3°,0	2°	100
dito dito	0,5	2,5	2	100
Weißs. Glas <i>a</i>	0,5	1,8	1,3	65
dito dito	0,5	1,8	1,3	65
Roths Glas <i>A</i>	0,5	0,5	0	0
Gelbes Glas <i>B</i>	0	0	0	0
Grünes Glas <i>C</i>	0	fast 0		0
Blaues Glas <i>D</i>	0	0,5	0,5	25
dito dito	0	0,5	0,5	25
Violettes Glas <i>E</i>	0	0,8	0,8	40
dito dito	0	0,8	0,8	40

## Himmel heiter.

Schirme.	Ablenkung, im Dunkeln,	Apparat im Licht.	Strom durch Wirk.d.Lichts.	Anzahl d. durch- gehend. Strahlen.
Ohne Schirm	2 <sup>0</sup>	6 <sup>0</sup> ,5	4 <sup>0</sup> ,5	100
dito dito	2	6 ,5	4 ,5	100
Weißes Glas <i>a</i>	2	5	3	66,6
dito dito	2	5	3	66,6
Violettes Glas <i>E</i>	2	4	2	44,4
dito dito	2	4	2	44,4
Blaues Glas <i>D</i>	2	3 ,2	1 ,2	26,6
dito dito	2	3 ,2	1 ,2	26,6
Grünes Glas <i>C</i>	2	2	0	0
Gelbes Glas <i>B</i>	2	2	0	0
Roths Glas <i>A</i>	2	2	0	0
Ohne Schirm	2	6 ,5	4 ,5	100

Nimmt man das Mittel aus den drei Versuchsreihen, so kann man, in absteigender Ordnung des Durchgangs der chemischen Strahlung, folgende Tafel bilden:

Schirme.	Durchgehende Strahlen. (Die einfallenden = 100.)
Ohne Schirm	100
Weißes Glas <i>a</i>	60,5
Violettes Glas <i>E</i>	41,2
Blaues Glas <i>D</i>	25,8
Grünes Glas <i>C</i>	unmerklich
Gelbes Glas <i>B</i>	0
Roths Glas <i>A</i>	0.

Aus dieser Tafel ersieht man, daß die Reihenfolge der farbigen Schirme hinsichtlich ihres Durchlasses der chemischen Strahlen dieselbe ist, wie die hinsichtlich des Durchlasses der phosphorogenischen Strahlen des elektrischen Funkens, denn, nach den Versuchen meines Vaters <sup>1)</sup>, läßt das violette Glas diese Strahlung fast eben so gut durch als das weiße Glas, während das rothe Glas sie vollständig auffängt.

1) Annalen, Bd. XXXIX S. 548.

## III. Schirme von verschiedener Natur.

Wir haben auch versucht, in welchem Verhältniß die chemische Strahlung beim Durchgang durch Schirme von verschiedener Natur aufgefangen werde. Die angewandten Schirme waren:

Weißes Glas <i>a</i>	Dicke 1,1 Mm.
Rauchtopas No. 1	6
dito No. 2	20,5
Gyps (gestreift, nur durchscheinend)	9
Glimmer <i>m</i>	0,07
Glimmer <i>n</i>	0,52

Dünnes Glaspapier (*Papier de gélatine*).

Von den Rauchtopasplatten liefs No. 2 die chemischen Strahlen eben so gut durch, wie No. 1. Der Unterschied rührte vermuthlich nur davon her, dafs wenn No. 2 auf den Apparat gelegt wurde, wegen der Dicke dieser Platte, ein Theil des Himmels für die Flüssigkeit verdeckt war. Mit den andern Schirmen erhielten wir folgende Resultate:

Schirme.	Eisenchlorid +, Alkohol —.			
	Ablenkung, im Dunkeln,	Apparat im Sonnenschein.	Strom durch Wirk. des Lichts.	Zahl der durchgehenden Strahlen.
Ohne Schirm	2°	8°,5	6°,5	100
dito dito	2	8°,5	6°,5	100
Glimmer <i>m</i>	2	7	5	76,9
dito dito	2	7	5	76,9
Glimmer <i>n</i>	2	4	2	30,7
dito dito	2	4	2	30,7
Weißes Glas <i>a</i>	1°,5	6	4°,5	69,2
dito dito	1°,5	6	4°,5	69,2
Gyps	1°,2	5	3°,8	58,5
dito	1°,2	5	3°,8	58,5
Ohne Schirm	1	7°,5	6°,5	100
dito dito	1	7°,5	6°,5	100

Bei drei andern Versuchen erhielten wir mit demselben Apparat:

Eisenchlorid +, Alkohol —.				
Schirme.	Ablenkung, im Dunkeln,	Apparat im Sonnenschein.	Strom durch Wirk. des Lichts	Zahl der durch- gehenden Strahlen.
<b>Versuch I.</b>				
Ohne Schirm	6°	9°,5	3°,5	100
dito dito	6	9,5	3,5	100
Weifs. Glas <i>a</i>	6	7,5	1,7	48,6
dito dito	6	8	1,7	48,6
Rauchtop. No. 1	6	9	3	85,7
dito dito	6	9	3	85,7
<b>Versuch II.</b>				
Ohne Schirm	4	6	2	100
dito dito	4	6	2	100
Weifs. Glas <i>a</i>	4	5	1	50
dito dito	4	5	1	50
Rauchtop. No. 1	3	4,5	1,5	75
dito dito	3	4,5	1,5	75
<b>Versuch III.</b>				
Ohne Schirm	2	6,5	4,5	100
dito dito	2	6,5	4,5	100
Weifs. Glas <i>a</i>	2	5	3	66,6
dito dito	2	5	3	66,6
Rauchtop. No. 1	2	5,5	3,5	77,7
dito dito	2	5,5	3,5	77,7.

Mit einem Schirm aus dünnem Glaspapier erhielten wir:

Eisenchlorid +, Alkohol —, im Sonnenschein.				
Ohne Schirm	1°,5	5°,8	4°,7	100
dito dito	1,2	6	4°,7	100
dito dito	1	6	4,7	100
Glaspapier	1,5	3,5	2	42,5
dito	1,2	3,2	2	42,5
dito	1	3	2	42,5.
				Nimmt

Nimmt man das Mittel aus den Zahlen, welche die Mengen der durch die verschiedenartigen Schirme gegangenen Strahlen vorstellen, so erhält man:

Schirme.	Zahl der durchgegang. Strahlen. (die der einfallenden = 100.)
Weißes Glas <i>a</i>	58,6
Rauchtopas No. 1	79,4
Gyps	58,5
Glimmer <i>m</i> , dick 0 <sup>mm</sup> ,07	76,9
Glimmer <i>n</i> , - 0 <sup>mm</sup> ,52	37,0
Glaspapier	42,5

Die für den Gyps gefundene Zahl 58,5 darf man nicht als dem klaren Gyps angehörig betrachten; denn die von uns angewandte Platte war gestreift und nur durchscheinend.

Frau Somerville und später Hr. Biot haben gezeigt, daß das empfindliche Chlorsilberpapier vom Sonnenlicht unter verschiedenen Schirmen ungleich verändert wird; mittelst des beschriebenen Verfahrens hat man gegenwärtig nicht mehr nöthig, die verschiedenen Färbungen des Chlorsilbers zu vergleichen, um die Wirkung der chemischen Strahlen zu beurtheilen, da diese Wirkung gemessen werden kann durch die Intensität des elektrischen Stroms, der bei Einwirkung des Lichts auf die Bestandtheile der Körper entsteht.

Andererseits haben die Arbeiten meines Vaters und des Hrn. Biot gezeigt, daß die, von der Licht- und Wärmestrahlung verschiedene, phosphorogenische Strahlung des elektrischen und des Sonnenlichts theilweis aufgefangen werden kann von verschiedenartigen Schirmen.

Aus den obigen Tafeln ersieht man, daß die verschiedenartigen Schirme in Bezug auf den Durchgang der chemischen Strahlung dieselbe Ordnung befolgen, wie in Bezug auf die phosphorogenische; allein, was die Intensität der Wirkung betrifft, so scheint sie für die phos-

phorogenische Strahlung des elektrischen Lichts nicht dieselbe zu seyn, da das Glas einen sehr grossen Theil dieser letzteren auffängt, während der Bergkrystall den grössten Theil durchlässt. Wie dem aber auch sey, so scheinen doch zwischen der phosphorogenischen und chemischen Strahlung Beziehungen zu bestehen, welche, wenn ich sie untersucht habe, in einer künftigen Abhandlung bekannt machen werde.

Hr. Biot hat mir eingeworfen, dafs das von mir angewandte Verfahren nur ein anzeigendes, kein messendes sey. Dem ist aber nicht so. Ich erinnere nur, dafs die Leitungsfähigkeit der beiden Flüssigkeiten im Laufe der Versuche nicht verändert wurde, die zur Auffangung der entwickelten Elektricität bestimmten Platinplatten keinen Angriff erfuhren und die Intensität des Stroms proportional ist der Stärke der chemischen Action, so dafs man annehmen kann, es finde zwischen der Intensität des elektrischen Stroms und der Anzahl der durch die flüssige Masse gegangenen chemischen Strahlen eine Proportionalität statt.

Ueberdies werden folgende Versuche diefs Gesetz bestätigen. Ich brachte einen Apparat, in welchem Eisenchlorid und Alkohol über einander geschichtet waren, in Sonnenschein und legte auf denselben eine Pappscheibe mit einem Loch von 6 Centim. Durchmesser, das zur Hälfte mit einer Blei- oder Holzplatte verdeckt werden konnte. Die Stellung dieses Apparats war eine solche, dafs, wenn nur eine Seite des Loches offen war, auch nur die Hälfte des Apparats und die Hälfte der Platinplatten den Sonnenstrahlen ausgesetzt waren. Alsdann fand eine gewisse Ablenkung statt. Wenn man nun das Loch ganz öffnete, so fiel die doppelte Menge Sonnenstrahlen ein, und folglich wurde auch die Anzahl der in die Flüssigkeit eindringenden chemischen Strahlen verdoppelt. Die Ablenkung der Magnetsnadel war eine solche, dafs sie einer doppelten Intensität des Stroms, folg-

lich der Anzahl der wirkenden Strahlen entsprach. Nachstehendes sind die Resultate zweier Versuche:

Loch im Schirm, geöffnet:	Ablenkung, im Dunkeln,	Apparat im Licht.	Stromstärke, im Dunkeln,	Apparat, im Licht.	Stromstärke vom Licht erzeugt.
halb	7°	18°,5	}	7	18,75
dito	7	19			
ganz	7	26	}	7	29
dito	7	27			
halb	8	14,5	8	14,5	6,5
ganz	8	20,5	8	20,5	12,5.

### III. Ueber die elektrischen Wirkungen unter Einfluß der Sonnenstrahlen; von E. Becquerel.

(Compt. rend. T. IX p. 561.)

#### I. Wirkung der Strahlung auf Metallplatten.

In der letzten Abhandlung, welche ich die Ehre hatte der Academie der Wissenschaften zu Paris zu überreichen (Es ist die vorhergehende. *P.*), bemühte ich mich, die chemischen Reactionen, welche beim Contact zweier Flüssigkeiten unter dem Einfluß des Sonnenlichts stattfinden, mit Hülfe elektrischer Ströme darzuthun. Das dabei angewandte Verfahren erforderte die Anwendung zweier Platinplatten, von denen jede in eine der über einander geschichteten Flüssigkeiten eingetaucht und mit einem der Enden eines sehr empfindlichen Multipliers verknüpft war. Da nun hiebei die Platten selber die Wirkung der Strahlung erfuhren, so mußten daraus verwirkelte Erscheinungen erfolgen. Mit diesen werde ich mich in gegenwärtiger Abhandlung beschäftigen, so daß

man im Stande seyn wird, den Antheil eines jeden der erzeugten Effecte zu beurtheilen.

Wenn zwei vollkommen reine, aber ungleich warme Platinplatten in eine Flüssigkeit getaucht werden, so entsteht sogleich ein elektrischer Strom, und zwar von solcher Richtung, daß die wärmere Platte negative Electricität von der Flüssigkeit aufnimmt, diese mag aus reinem oder alkalischem Wasser bestehen. Das Gegentheil findet statt, wenn man gesäuertes Wasser anwendet. Da dieselbe Erscheinung auch eintritt, wenn man zwei Platin- oder Goldplatten in einer sauren, neutralen oder alkalischen Lösung den Sonnenstrahlen aussetzt, so ist es wichtig zu wissen, bis zu welchem Punkt die Wärmestrahlung bei dem Phänomene mitwirke.

Um die Effecte der Sonnenstrahlung zu beobachten, nehme man eine inwendig geschwärzte Holzbüchse, die durch eine sehr dünne Membran in zwei Zellen getheilt ist. Beide Zellen fülle man mit der Probelösung, und tauche in jede eine Platinplatte, die zuvor bis zum Rothglühen erhitzt worden ist. Die Platinplatten verknüpfe man mit einem guten, langdrächtigen Multiplicator, und bedecke endlich jede Zelle mit einem Brett, um das Sonnenlicht abzuhalten. Beim Versuche hebt man folgeweise jedes Brett ab.

Ich suchte zuvörderst nach, in welcher Ordnung verschiedenartig gefärbte Schirme rücksichtlich der auf eine Thermosäule wirkenden Sonnenstrahlung stehen. Diese Ordnung ist eine ganz andere; ich brauche nur zu erwähnen, daß ein gelbes Glas, welches sehr diatherman ist, jede Wirkung des Sonnenlichts auf die Platinplatten vollständig auffängt.

Hr. Melloni hat gezeigt, daß Wärmestrahlen von ungleicher Brechbarkeit ungleich absorbirt werden von einem Wasserschirm von einem Millimeter Dicke, und daß der Verlust im umgekehrten Verhältniß der Brechbarkeit steht. Da aber bei den früheren Versuchen die Sonnenstrahlen



eine Flüssigkeitsschicht durchdringen, ehe sie die Platinplatten treffen, so wollte ich die Thermosäule in dieselbe relative Lage als die beiden Platinplatten bringen. Ich habe daher gesucht, welche Ordnung die Schirme bei Dazwischensetzung zwischen die flüssige Schicht und die Thermosäule einnehmen. In diesem Fall läßt das eben erwähnte gelbe Glas noch einen großen Theil der strahlenden Wärme durch. Die Ordnung der übrigen Schirme ist ganz verschieden von der, welche man für die Platinplatten findet. Daraus muß man schließen, daß es nicht die Wärmestrahlung ist, welche dieß Phänomen erzeugt, sondern die Strahlung, welche die brechbarsten Lichtstrahlen begleitet, wie die verschiedenen Schirme, so wie die verschiedenen Theile des Spectrums anzudeuten scheinen.

In der That stellte ich eine der zuvor bis zur Rothgluth erhitzt gewesenen Platinplatten gegen eine Seite eines Glaskastens, der, bis auf die der Platte gegenüberliegende Stelle, geschwärzt war, und liefs nun auf die Platte successiv die verschiedenen Farbenstrahlen eines aus Sonnenlicht gebildeten Spectrums fallen. Es entstand aber kein merklicher elektrischer Strom anders, als wenn die Platte den violetten oder blauen Strahlen ausgesetzt ward.

Allemaal, wenn die Platinplatten sehr rein sind, wenn sie in concentrirter Salpetersäure gelegen haben und darauf geglüht worden sind, sind die Strahlen des Spectrums durchaus unvernünftig die elektrischen Ströme zu erzeugen, deren Ursache wir aufsuchen. Dieser Versuch strebt zu beweisen, daß die Strahlen, welche auf die in Flüssigkeiten getauchten Platin- oder Goldplatten wirken, brechbarer sind als die Wärmestrahlen.

Man kann fragen, auf welche Weise diese Strahlen im gegenwärtigen Falle wirken. Dieß ist eine schwer zu beantwortende Frage. Indefs da die Wirkung fast Null ist, wenn die Platten sehr rein und sehr blank sind,

so könnte es seyn, daß die Effecte, welche eintreten, wenn sie sich nicht in diesem Zustand befinden, von einer Wirkung der chemischen Strahlen auf äußerst feine, an der Oberfläche haftende Theilchen herrührten. Da die Natur dieser Theilchen unbekannt ist, so wird man natürlich zunächst darauf geführt, zu untersuchen, welchen Einfluß auf das Phänomen die Gegenwart von Theilchen haben könnte, die am Licht unveränderlich sind, wie Kohle und verschiedene Metalloxyde, die man in sehr dünnen Schichten auf die Platten brächte. Wenn man aber so bekleidete Platten den Sonnenstrahlen aussetzt, nimmt die Wirkung nicht zu, sondern ab, ein Resultat, gerade umgekehrt von dem, was geschehen müßte, wenn das Phänomen eins der Wärme wäre, die auf die Platten gebrachten Substanzen ein stärkeres Absorptionsvermögen hätten als das Platin.

Ich habe auch mit Platten von oxydirbaren Metallen experimentirt.

*Messingplatten.* — Als recht blanke Messingplatten in den mit Wasser und einigen Tropfen Salpetersäure gefüllten Zellen-Apparat gebracht wurden, entstand bei Zulassung der Sonnenstrahlen ein Strom von  $4^{\circ}$  bis  $5^{\circ}$ . Hierauf leitete man durch die beiden Platten, als Elektroden angewandt, einen elektrischen Strom; die positive Platte oxydirte sich, während die andere blank blieb. Man setzte sie nun successiv dem Sonnenlicht aus. Die blanke Platte verhielt sich wie vorhin, d. h. nahm positive Elektrizität von der Flüssigkeit an, während die oxydirte Platte stark negativ wurde. Als man die Platten hierauf in umgekehrter Ordnung als Elektroden anwandte, blieben die Resultate noch dieselben. Eine der oxydirten Platten successiv in die verschiedenen Farbenstrahlen des Sonnenspectrums gebracht, gab:

Strahlen:	Stromstärke beim ersten Impuls.	Strahlen:	Stromstärke beim ersten Impuls.
rothe	1°	blaue	2°
orangefarb.	1	indigfarb.	2
gelbe	2	violette	0
grüne	4		

*Silberplatten.* — In den Zellen-Apparat, der Wasser mit Schwefelsäure angesäuert enthielt, wurden sehr blanke Silberplatten gebracht. Darauf successiv den Sonnenstrahlen ausgesetzt, gaben sie einen Strom von 1° bis 2°. Die bestrahlte Platte war negativ gegen die Flüssigkeit. Dieselben Platten als Elektroden angewandt und die positive oder oxydirte dem Sonnenlicht ausgesetzt, erhielt man keinen stärkeren Strom.

Da diese schwache Wirkung vernachlässigt werden konnte, so liefs ich Brom-, Jod- und Chlordämpfe sich auf die Silberplatten ablagern. Mit einer dicken Schicht Jod auf der Platte erhielt ich einen ziemlich intensiven Strom, in solcher Richtung, dafs die dem Sonnenschein ausgesetzte Platte negative Elektrizität von der Flüssigkeit aufnahm, ein Resultat, woraus die Wirkung des Jods auf das Silber hervorging. War die Jodschicht sehr dünn, so erhielt ich einen Strom von entgegengesetzter Richtung, was eine umgekehrte chemische Action wie vorhin anzeigen würde; der erste Impuls bei einem vom gewöhnlichen Tageslicht erregten Strom betrug 45°.

Brom statt des Jods angewandt, giebt einen ziemlich starken Strom, immer in der Richtung, dafs die bestrahlte Platte negativ gegen die Flüssigkeit ist.

Diese Ströme haben immer nur eine kurze Dauer; denn eine Bestrahlung vom Tageslicht auf einige Augenblicke reicht hin, die Reaction des Broms und Jods auf das Silber gänzlich zu vollführen.

Mit Chlor ist der Strom so unbedeutend, dafs der Effect nicht von dem abweicht, welchen man mit blofsen Platinplatten erhält.

II. Elektrische Ströme, entwickelt durch Zersetzung des Chlor-, Brom- und Jodsilbers unter Einfluß des Sonnenlichts.

Wird Silberchlorid dem Lichte ausgesetzt, so verliert es von seinem Chlor und geht in ein Silbersubchlorid über. Obwohl es, in Masse, kein Elektrizitätsleiter ist, so wird es ein solcher in sehr dünner Schicht, und daraus folgt, daß sie die elektrischen Wirkungen des Sonnenlichts auf diesen Körper beobachten lassen. Zu dem Ende streiche man es, frisch bereitet, auf eine Platinplatte und tauche diese in Wasser, das durch Zusatz einiger Tropfen Säure, z. B. Salpetersäure, leitend gemacht ist. So wie man die Platte den Sonnenstrahlen oder selbst dem Tageslicht aussetzt, schwärzt sich das Chlorid und die Galvanometernadel weicht um mehre Grade ab, in einem Sinn, der anzeigt, daß die Platte positiv ist. Diefes Ergebnifs ist leicht zu erklären. Das Chlorid nimmt, bei seiner Zersetzung, positive Elektrizität an, und überträgt diese auf die Metallplatte, mit der es in Berührung steht, während die Flüssigkeit negative Elektrizität annimmt. Eine Silberplatte kann man nicht anwenden, weil die Wirkung des aus der Zersetzung des Chlorids herrührenden Chlors auf das Silber einen umgekehrten Strom erzeugt, wie den, welchen man studirt. Eine Goldplatte verhält sich eben so wie eine Platinplatte.

Das beste Mittel, das Chlorsilber auf die Platte zu befestigen, besteht darin, daß man es im feuchten Zustande auf dieselbe ausstreicht, und diese alsdann im Dunkeln gelinde erhitzt. Das Chlorid haftet dann so fest, daß es bei keiner Stellung der Platte in der Flüssigkeit abfällt.

Bromsilber, welches sich im Lichte schneller zersetzt als das Chlorsilber, giebt auch einen stärkeren Strom. Um die Wirkungen der Strahlungen auf beide Silberpräparate zu vergleichen, überzog ich zwei Platinplatten, jede

von 4 Quadratcentimeter, die eine mit Chlor-, die andere mit Bromsilber, und brachte sie nach einander in den Zellen-Apparat. Bei gewöhnlichem Tageslicht gab das Chlorid  $15^{\circ}$ , und das Bromid  $26^{\circ}$  Ablenkung. Im Sonnenlicht trieb das Bromid in den ersten Augenblicken die Nadel auf  $55^{\circ}$ ; bei einem andern Versuch gab das Bromid im gewöhnlichen Tageslicht einen ersten Impuls von  $75^{\circ}$ . Diese Unterschiede in den Wirkungen entspringen aus der Bereitung der Substanzen und der Dicke, in welcher sie auf den Platten befestigt sind.

Ein charakteristischer Unterschied dieser beiden Körper besteht aber darin, daß das Chlorid sehr lange Zeit hindurch einen Strom von gleicher Intensität liefert; selbst nach zweistündiger Bestrahlung vom Sonnenlicht hat man noch einen merklichen Strom. Anders verhält es sich mit dem Bromid; nachdem es 10 Minuten dem gewöhnlichen Tageslicht ausgesetzt worden, hat es seine Fähigkeit, einen Strom zu geben, gänzlich verloren.

Das Jodsilber, welches seine Farbe nicht merklich im Lichte ändert, giebt deßungeachtet unter denselben Umständen einen fast eben so intensiven Strom wie das Chlorsilber; doch ist er nicht so lange constant. Der vom Silberjodid erzeugte Strom zeigt an, daß dieses sich unter der Wirkung des Lichts in Subjodid verwandelt. Wahrscheinlich hat man bei Erklärung der Erscheinungen, welche bei Entstehung der Daguerre'schen Lichtbilder vor sich gehen, auf diese Umwandlung Rücksicht zu nehmen. Uebrigens werden wir späterhin hierauf zurückkommen.

Die Eigenschaft des Chlorsilbers, eine Zeit lang einen ziemlich constanten Strom zu geben, gestattet, mittelst desselben die Anzahl der die Schirme durchdringenden chemischen Strahlen zu vergleichen, so wie auch die Vertheilung der Strahlen, die im Sonnenspectrum auf das Chlorsilber einwirken. Hier die Resultate zweier Versuche:

Schirme.	Stromstärke.	Strahlen d. Spectrums.	Stromstärke.
Ohne Schirm	100°	Rothe	0
Weisses Glas	66	Orangefarbene	0
Violettes dito	53	Gelbe	0
Blaues dito	40	Grüne	Spur
Grünes dito	0	Blaue	0°,75
Gelbes dito	0	Indigfarbene	1
Roths dito	0	Violette	3
		Jenseits Violett	3

Zusammengefasst geht aus dieser Abhandlung hervor:

1) Strahlen, welche die brechbarsten Strahlen des Sonnenlichts begleiten, üben auf Metallplatten, die in eine Flüssigkeit getaucht sind, eine solche Wirkung aus, dass daraus elektrische Effecte entspringen, die man nicht von Wärme ableiten kann.

2) Die Zersetzung des Chlor-, Brom- und Jodsilbers unter Einfluss des Lichts, bringt elektrische Effecte hervor, die zur Vergleichung der activen chemischen Strahlen dienen können.

Man sieht also, dass, wenn man die bei gegenseitiger Reaction zweier Lösungen erzeugten elektrischen Effecte anwenden will, um diese Reaction unter Einfluss des Lichtes zu studiren, man die Wirkung der Sonnenstrahlung auf die angewandten Metallplatten berücksichtigen muss, eine Wirkung, die man von der Gesamtwirkung leicht trennen kann, wenn man den successiv mit beiden Flüssigkeiten angefüllten Apparat anwendet. Uebrigens werde ich in einer anderen Abhandlung auf die Unterscheidung dieser beiden Wirkungen zurückkommen.

IV. *Ueber die chemischen Strahlen, welche das Licht der Sonne und des elektrischen Funkens begleiten; von E. Becquerel <sup>1)</sup>.*

I. Chemische Wirkung des Sonnenspectrums. Zwei Klassen von chemischen Strahlen.

Die Reactionen, welche unter dem Einfluß der chemischen Strahlen des Sonnenlichts zwischen den Bestandtheilen von Körpern auftreten, sind schon Gegenstand der Untersuchungen mehrer Physiker gewesen; und diese waren hauptsächlich gerichtet auf Salze von Silber, Gold und anderen leicht reducirbaren Metallen, auf Phosphor, Guajakharz und das Gemenge aus gleichen Theilen Chlor und Wasserstoff.

Scheele hat zuerst die Wirkung verschiedener Theile des Spectrums auf ein mit Chlorsilber überzogenes Papier untersucht; er sah dieses Papier stärker in violetten als in den übrigen Strahlen geschwärzt werden. Später zeigten Wollaston und Ritter, daß die Färbung nicht bloß auf dem vom Violett eingenommenen Raum stattfindet, sondern sich auch noch in gleichem Grade auf eine ähnliche Strecke jenseits des sichtbaren Spectrums ausdehnt. Nach diesen, durch Böckmann und Bérard bestätigten Versuchen, zeigte Wollaston, daß diese und andere gewöhnlich dem Lichte zugeschriebenen Wirkungen in der That von keinen, mit dem Gesichtsanschein wahrnehmbaren Strahlen herrühren, sondern von andern in deren Begleitung, die unsichtbar sind.

Phosphor, von Vogel derselben Wirkung unterworfen, farbte sich mehr oder weniger, je nach der Stelle des Spectrums, in welchem er sich befand. Und es zeigte sich, daß die brechbarsten Strahlen ihn am stärksten fär-

1) *Bibl. univers. N. S. T. XXXIII p. 400.*

ben, die rothen dagegen ohne Wirkung auf ihn sind. Es sind auch die brechbarsten Strahlen, welche die Vereinigung von Chlor und Wasserstoff am schnellsten bewirken. Dasselbe geschieht bei der Wirkung des Lichts auf ein mit Chromsäure oder Guajakharz bestrichenen Papier; die brechbarsten Strahlen färben das Harz am meisten, während die wenigst brechbaren am leichtesten eine umgekehrte Wirkung hervorbringen. Wollaston zeigte zuerst, daß dieser zweite Effect auch von Wärme hervorgebracht werde. Bei diesem Versuch, so wie bei andern, wo man in den rothen Strahlen eine Wirkung auf Blei- und Quecksilbersalze beobachtet hat, wirkten wahrscheinlich die Wärmestrahlen allein.

Seebeck beobachtete, daß Chlorsilber-Papier in den rothen Strahlen eine röthliche Farbe annimmt. Herschel bestätigte neuerdings diese Thatsache, und zeigte überdies, daß die äußersten rothen Strahlen das empfindliche Chlorsilber-Papier nicht färben, daß sie aber die Eigenschaft haben, die Schwärzung desselben im gewöhnlichen Tageslicht zu verhindern, und daß in allen übrigen prismatischen Farben die Färbung gleich gut stattfindet. Da man aber das Papier einige Zeit im Sonnenspectrum liegen lassen muß, und dieses von einer großen Masse diffusen Lichts begleitet wird, so bildet sich der Eindruck auf ein schon vom Licht verändertes Papier, und dann, wie wir weiterhin sehen werden, ist eine größere Anzahl wirksamer Strahlen vorhanden, als wenn das Papier noch nicht bestrahlt (*impressionné*) worden ist.

Herschel hat überdies gefunden, daß die äußersten rothen Strahlen, welche man erhält, wenn man Sonnenlicht durch rothes Glas gehen läßt, dem schon veränderten (*impressionné*) empfindlichen Chlorsilber-Papier eine röthliche Farbe ertheilen. Der berühmte englische Physiker leitet diese Wirkung davon ab, daß die äußersten rothen Strahlen eine langsame und stufenweise Zerstörung der von den andern Strahlen erzeugten Far-



benschichten veranlassen. Sie könnte aber wohl eher von den Wärmestrahlen herrühren, da diese, für sich, dieselbe Erscheinung hervorbringen.

Das waren die hauptsächlichsten Thatsachen in Betreff des Einflusses der verschiedenen Theile des Sonnenlichts auf verschiedene chemische Verbindungen, als ich die Wirkung des Sonnenspectrums auf Silbersalze von Neuem zu studiren begann. Ich bin zu neuen Resultaten gelangt, welche zeigen, daß das chemische Agens, welches das Licht begleitet, wenigstens aus zweierlei Strahlen besteht. Folgendes sind die Thatsachen, welche diese Unterscheidung festzustellen trachten.

Ich habe hauptsächlich mit Bromsilber-Papier gearbeitet, welches bekanntlich auf die Weise bereitet wird, daß man auf ein Blatt Papier erstlich eine Schicht von wässriger Bromkalium-Lösung streicht, und dann, wenn sie getrocknet ist, eine von salpetersaurem Silber. Dießes Papier hat den Vorzug, empfindlicher zu seyn als das mit Chlorsilber bereitete.

Wenn man eins dieser Papiere in vollständiger Dunkelheit bereitet hat, und sogleich hernach das mit einem gewöhnlichen Glasprisma erhaltene Spectrum eines Bündels Sonnenlicht auf dasselbe fallen läßt, so findet man es, nach einigen Minuten, in den blauen, indigfarbenen und violetten Strahlen gefärbt. Wenn man aber, bevor man es dem Spectrum aussetzt, das Tageslicht darauf einwirken läßt, so ist dem nicht also, und die Färbung findet sich nicht nur in den brechbarsten Strahlen, sondern auch in den oberen Theilen des Spectrums bis zum Roth. Diese Färbung des Papiers in den orangenen, gelben und grünen Strahlen rührt, wie man sogleich sehen wird, von Strahlen her, die nicht auf gleiche Weise wie die schon studirten chemischen Strahlen wirken.

Statt eines empfindlichen Papiers, das noch nicht bestrahlt (*impressioné*) war, nahm ich ein Bromsilber-Papier, auf welchem sehr schmale, abwechselnd bestrahlte

und nicht bestrahlte Parallelstreifen gemacht waren. — Man erhält diese Streifen leicht, wenn man ein frisch bereitetes Blatt empfindlichen Papiers, unter zweckmässig ausgeschnittene Pappe gelegt, dem Tageslicht aussetzt, doch nur so lange, daß die Färbung der bloßliegenden Streifen kaum merklich wird. Läßt man nun auf dieses Papier das Sonnenspectrum fallen, so bemerkt man einige Zeit hernach folgende Resultate: Der ganze Theil, der den blauen, indigfarbenen und violetten, und jenseits des Violett liegenden Strahlen ausgesetzt war, ist geschwärzt wie vorhin, während sich in den orangefarbenen, gelben und grünen Strahlen schwarze Streifen befinden, die in dem Grünen eine Tiefe haben, fast wie die des Papiers im Violett. Diese Streifen sind diejenigen, welche schon einen Lichteindruck erfuhren, während die, welche ihn noch nicht erlitten, vollständig weiß geblieben sind. Man sieht von diesen Streifen noch einige zu Anfange des Blau; allein hier hören sie bald auf, denn, in diesen Strahlen, haben die ursprünglich nicht bestrahlten Streifen schon fast dieselbe Farbe wie die ersten.

Statt ein Papier anzuwenden, auf welchen abwechselnd bestrahlte und nicht bestrahlte Streifen gebildet worden, kann man auch ein Bromsilber-Papier nehmen, welches man, unter eine mit vielen kleinen Löchern versehene Pappscheibe gelegt, zuvor dem Tageslicht ausgesetzt hat, doch nur auf einige Secunden. Wenn man alsdann dieses Papier in das Spectrum bringt, sieht man in den grünen, gelben und orangefarbenen Strahlen schwarze Stellen, welche genau die schon vom Licht getroffenen Stellen sind, und fortgefahren haben, sich in dem oberen Theil des Spectrums zu schwärzen.

Diese, von andern Versuchen und durch die sogleich zu beschreibende Wirkung der Schirme bestätigten Resultate zeigen, daß das Licht begleitet wird einerseits von den gewöhnlichen chemischen Strahlen, die auf Silbersalze einwirken und sich von der Gränze des Grün

und Blau bis über das Violett hinaus erstrecken, andererseits aber von Strahlen, welche zwar dieselbe Umwandlung bewirken, jedoch nicht anfangen, sondern nur, wenn sie begonnen ist, fortsetzen. Diese Strahlen erstrecken sich vom Roth bis zum Blau. Vielleicht erstrecken sie sich noch weiter; allein dort verlaufen sie sich in die Wirkung der ersteren, so dafs es unmöglich ist, sie von einander zu unterscheiden, denn ist einmal die Wirkung angefangen, so fährt sie fort, sowohl durch die Wirkung der ersteren, als durch die der letzteren.

Um diese beiden Klassen von Strahlen zu unterscheiden, nenne ich diejenigen, welche hinsichtlich ihrer Brechbarkeit sich fast von den grünen Strahlen bis jenseits der violetten erstrecken, *erregende chemische Strahlen* (*rayons chimiques excitateurs*), und die andern, welche eine angefangene Wirkung fortsetzen, *unterhaltende* (fortsetzende) *chemische Strahlen* (*rayons chimiques continuateurs*).

Man kann die fortsetzenden chemischen Strahlen auch auf folgende Weise wahrnehmbar machen. — Nachdem man Bromsilber - Papier, wie vorhin angegeben, bereitet hat, bedecke man es mit einem Blatt gewöhnlichen Papiers, auf welches einige Buchstaben geschrieben sind, und setze es so einige Zeit dem Lichte aus. Blicke das Papier lange genug im Lichte, so würde die Schrift in Weifs auf schwarzem Grund zum Vorschein kommen; man läßt es aber nur so lange liegen, als zum Beginn der Wirkung erforderlich ist, als das Papier, in einem dunklen Zimmer bei Kerzenlicht betrachtet, noch fast weifs erscheint. Um dieses Resultat zu erlangen, braucht man es nur einige Secunden dem Sonnenschein auszusetzen. Bleibt nun hierauf das Papier noch im Dunkeln, so färbt es sich nicht; läßt man aber das Sonnenspectrum auf dasselbe fallen so sieht man nach einiger Zeit in den gelben, grünen und orangefarbenen Strahlen die Schrift in Weifs auf schwarzem Grund zum Vorschein kommen, während das Papier

in den blauen, indigfarbenen, violetten Strahlen und darüber hinaus vollständig geschwärzt (*coloré*), und sonst überall weiß geblieben ist. Durch diese zweite Verfahrungsweise wird die Anwesenheit der Strahlen zweiter Ordnung in dem oberen Theile des Sonnenspectrums deutlich erwiesen.

## II. Wirkung der Schirme.

Ich will nun für den in Rede stehenden Fall untersuchen, was geschieht, wenn man zwischen das Licht und das Bromsilber verschiedenartige Schirme einschaltet.

Setzt man empfindliches Brom- oder Chlorsilber-Papier unter Schirmen von farbigem Glase oder anderen Substanzen dem Lichte aus, so, daß es nur von den durch diese Schirme gegangenen Strahlen einen Eindruck erfährt, so färbt sich das Silbersalz verschiedenartig, je nach der Natur des Schirms; und gleiche Papiere, unter verschiedene Schirme gebracht, gebrauchen sehr verschiedene Zeiten, um zu derselben Phase von Färbung zu gelangen. Diese Thatsachen sind von mehreren Physikern beobachtet. Indem ich suchte die Zeiten zu messen, welche das Bromsilber gebraucht, um unter verschiedenen Umständen zu einer selben Färbungsphase zu gelangen, wurde ich darauf geführt, die vorhin erwähnten unterhaltenden chemischen Strahlen anzunehmen. Folgendes ist das Verfahren, welches ich anwandte.

Ich hatte bemerkt, daß wenn man ein Blatt Bromsilber-Papier nimmt, auf die eine Hälfte das Licht wirken läßt, und nun daraus, senkrecht gegen die Gränzlinie beider Hälften, Streifen schneidet, alsdann auf diesen Streifen, wenn man sie dem Tages- oder Sonnenlicht aussetzt, die Gränzlinie einige Zeit hernach verschwindet, was anzeigt, daß der nicht zuvor bestrahlte (*impressioné*) Theil sich schneller färbt als der andere; es gab also einen Moment, wo auf beiden Seiten eines und desselben Streifens die Färbung gleich war. Ich hatte

hatte überdies bemerkt, daß wenn die Streifen in Tages- oder Sonnenlicht gebracht waren, wie stark auch die Intensität des letzteren seyn mochte, die Färbung auf allen dieselbe war, sobald die Gränzlinie verschwand. Diese Thatsache erlaubte mit Leichtigkeit den Moment zu erkennen, wo, unter verschiedenen Schirmen, das Papier auf eine gleiche Färbungsphase gelangte, denn alsdann verschwand die Gränzlinie. So mit verschiedenen Schirmen experimentirend fand ich aber einige, die dergestalt auf die Sonnenstrahlen wirkten, daß der schon bestrahlte Theil des empfindlichen Papierstreifens sich allein zu färben fortfuhr, während der andere, ursprünglich nicht bestrahlte, weiß blieb. Dieß sind die Resultate, welche mir zeigten, daß das Licht Strahlen enthält, die erst nach angefangener Wirkung auf die Silbersalze wirken.

Ich versuchte demnach eine sehr große Anzahl farbiger Glasschirme, und so viel wie möglich mehr auf ein Mal bei verschiedenen Papieren, um die Wirkungen vergleichen zu können. Bei Anwendung eines rothen Glases, welches fast nur rothe Strahlen durchliefs, sah ich, nach halbstündigem Liegen in der Sonne, daß der ursprünglich vom Licht veränderte Theil sich stärker färbte (was sich mittelst eines ähnlichen, im Dunkeln gebliebenen Papiers leicht erkennen liefs), während der andere vollständig weiß blieb.

Andere rothe, aber hellere Gläser bewirkten dieselbe Erscheinung, nur rascher.

Ein dunkelgrünes Glas gab dieselben Resultate, allein langsamer als das erste rothe Glas, während ein hellgrünes zugleich die erregenden chemischen Strahlen durchliefs, so daß es schwer hielt, an ihm dieselbe Eigenschaft zu erkennen.

Hier haben wir also rothe und grüne Gläser, die nur die unterhaltenden Strahlen vollständig durchlassen, die erregenden aber zurückhalten, wenigstens bis zu ei-

ner gewissen Gränze; denn nach Verlauf zweier Tage erhielt ich auch eine schwache Färbung in den nicht zuvor bestrahlten (*impressionnées*) Theilen. Ein dunkel goldgelbes Glas liefs in grofser Fülle die unterhaltenden Strahlen durch, was man leicht an der Färbung derjenigen Seite des Papierblattes erkannte, die zuvor einen Lichteindruck erhalten hatte; allein bei fortgesetzter Wirkung fing auch die andere Seite an sich zu färben, was zeigte, dafs auch die übrigen Strahlen, nur in geringerer Menge, diesen Schirm durchdrangen. Ein weniger dunkelgelbes Glas gab ebenfalls diese Erscheinung, und die Färbung des nicht zuvor bestrahlten Theils von Papierstreifen geschah rascher als im vorhergehenden Fall.

Bei Einschaltung von weissen, violetten und blauen Gläsern zwischen das Licht und Bromsilber-Papier kann man die beiden Klassen von Strahlen nicht unterscheiden; denn die beiden Hälften dieses, wie vorhin bereiteten Papiers färben sich wie durch Wirkung des Tages- oder Sonnenlichts, und haben bald einen gleichen Ton angenommen.

Die Wirkung der fortsetzenden Strahlen kann man auch durch folgenden Versuch sichtbar machen; er ist dem beim Sonnenspectrum angestellten analog. Man nehme empfindliches Bromsilber-Papier, das frisch in einem vollkommen dunklen Zimmer bereitet worden, lege auf dasselbe ein Papier mit Schrift oder Zeichnung, und setze es so einige Augenblicke der Wirkung des Lichtes aus, dergestalt, dafs das Papier gerade einen Eindruck empfängt, die Schrift oder Zeichnung aber noch nicht zum Vorschein kommt. Nun lege man das Papier unter ein dunkel goldgelbes oder ein so hellrothes Glas, dafs die Wirkung rascher vorschreitet. Wenn man es nun so dem Lichte aussetzt, sieht man nach und nach die Schrift oder die Zeichnung auf dem Papier erscheinen, was beweist, dafs die schon vorher bestrahlten Stellen des Papiers sich färben, die übrigen aber weifs bleiben.

Die Wirkung der Schirme zeigt also, wie die des Sonnenspectrums, daß man im Sonnenlicht wenigstens zwei Klassen von chemischen Strahlen, die auf die Silbersalze wirken, unterscheiden kann.

Ich versuchte durch Einschaltung verschiedener flüssiger Schirme zwischen das Licht und einen Schirm von dunkelgelbem oder rothem Glase, welches einen Streifen empfindlichen Papiers bedeckte, ob diese Flüssigkeiten die unterhaltenden oder erregenden Strahlen auffangen könnten. Unter den versuchten fand ich aber keine, welche diese Eigenschaft besaß; nur sah ich, daß, wenn ich zwischen einen Streifen empfindlichen Papiers (zur Hälfte schon bestrahlt, zur Hälfte nicht) und das Licht einen Schirm von einer dunkelgelben oder rothen Flüssigkeit, z. B. einer Lösung von saurem chromsauren Kali oder einer schwachen weingeistigen Lösung von Jod, einschaltete, dieselben Erscheinungen hervortraten, wie bei Anwendung gelb oder roth gefärbter Gläser.

Bei allen meinen Versuchen wandte ich Bromsilber-Papier an; dieß hat den Vorzug, empfindlicher zu seyn als das von Chlorsilber, obgleich letzteres dieselben Erscheinungen giebt. Nur nimmt das schon bestrahlte Chlorsilber-Papier, wenn man es der Wirkung rother Gläser aussetzt, eine röthliche Farbe an, die man bereits früher bemerkt hat. Da man aber einem schon bestrahlten Chlorsilber-Papier durch Erwärmung die nämliche Farbe zu geben vermag, so könnte diese Wirkung von den Wärmestrahlen herrühren.

Jodirte Silberplatten verhalten sich wie Chlor- und Bromsilber <sup>1)</sup>.

- 1) Man kann sich der unterhaltenden Strahlen bedienen, und hat sich derselben neuerdings bedient, um eine auf den jodirten Platten der Camera obscura angefangene Zeichnung fortzusetzen. Wenn das Objectiv eine kurze Brennweite hat, braucht man die Platte nur einige Secunden im Brennpunkt zu lassen und sie darauf unter einem rothen Glase dem Sonnenschein auszusetzen, damit die Zeichnung sich fortsetzt. Man braucht zu dem Ende die Platte nur wie gewöhnlich

Chlorgold bringt diese Erscheinung nicht hervor, aber dieß kann es auch nicht, denn Seebeck hat gesehen, daß ein damit überzogenes Papier, in die dunkle Kammer gebracht, seine Farbe nicht verändert, das Gold nicht reducirt wird. Wenn man es aber, nach kurzem Liegen im Sonnenschein, ehe es durch die Wirkung der chemischen Strahlen gefärbt worden, wieder in's Dunkle bringt, erfolgt die Reduction des Goldes daselbst, und das Papier geht durch alle Färbungsphasen, die es beim Liegenbleiben im Sonnenschein angenommen haben würde. Man sieht also, daß hier die Wirkung im Dunkeln fort-dauert, während bei den Silbersalzen im Dunkeln nichts geschieht, und die Wirkung unter dem Einfluß der oben erwähnten Strahlen anhält. Die Erscheinung ist also sehr verschieden von der früheren.

nach dem Daguerre'schen Verfahren und in tiefster Finsterniß zu jodiren. Es scheint als wenn die unterhaltenden Strahlen bei der neuen Bereitungsweise der Platten, wo man Chlorjod anwendet, nicht so gut zum Ziele führen; wenigstens bedarf es dann besonderer Vorsichtsmaßregeln. Nach der Wirkung des rothen Glases auf die jodirten Platten ist der Fortgang ein solcher, daß auf die Länge die Zeichnung zum Vorschein kommt, ohne daß man zum Quecksilber zu schreiten braucht. Die in dieser Abhandlung enthaltenen Thatsachen zeigen, welche Vorsichten zu nehmen sind, um gute Bilder in der Camera obscura zu erhalten. Da die im Dunkeln jodirte Platte nur empfänglich ist für die chemischen Strahlen, welche zwischen dem Grün und dem Violett und darüber hinaus liegen, so folgt, daß wenn man die jodirte Platte, ehe man sie in die Camera obscura bringt, ein wenig bestrahlen läßt, aber ungemein wenig, sie dann für die unterhaltenden Strahlen empfänglich wird, und Gegenstände von rother, orangener und gelber Farbe sich auf die Platte abzeichnen können, weil die unterhaltenden Strahlen, welche die Lichtstrahlen begleiten, auf das Jodsilber einwirken.

Befolgt man die vorhin angezeigten Vorsichtsmaßregeln und bringt vor das Object ein schwach grün oder gelb gefärbtes Glas, so ist leicht einzusehen, daß sich von einer Landschaft die grünen Blätter der Bäume viel deutlicher auf die Platte abmalen werden, vorausgesetzt nur, daß diese hinlänglich lange dem Brennpunkt ausgesetzt bleibt.



Weder Guajakharz noch Chromsäure zeigen gleiche Erscheinungen wie die Silbersalze. Bis jetzt habe ich nur an diesen Salzen die Eigenschaft gefunden, von gewissen Strahlen eine Einwirkung zu erleiden, die nur darauf hingehet, eine bereits angefangene Wirkung fortzusetzen. Könnte man nicht durch eine analoge Eigenschaft die abweichenden Resultate der Experimentatoren erklären, welche die chemische Einwirkung des Sonnenlichts auf ein Gemenge von gleichen Theilen Chlor und Wasserstoff studirten? Einerseits sagt B é r a r d, daß die violetten Strahlen, oder wenigstens die chemischen Strahlen in ihrer Begleitung, die wirksamsten seyen, die Verbindung zu bewerkstelligen. Nach Davy sind es die rothen, und Hr. Suckow, in Jena, hat beide Strahlenarten wirksam gefunden. Sollten diese Widersprüche nicht etwa davon herrühren, daß die beiden letzteren Physiker in einem nicht vollkommen dunklen Zimmer experimentirten, demnach schon vor dem Versuch ein Beginn der Vereinigung stattfand, und darauf durch die unterhaltenden Strahlen fortgesetzt wurde?

### III. Von der chemischen Strahlung des elektrischen Lichts.

Das Phänomen der unter dem Einfluß gewisser Strahlen fortgesetzten Action hat mir zur Auffindung der chemischen Strahlung des elektrischen Funkens gedient.

Im vergangenen Jahre hatte ich mehrmals versucht, ob der elektrische Funke, ungeachtet seiner äußerst kurzen Dauer, auf Chlorsilber-Papier einwirken könne. In diesem Jahre gelang es mir zu sehen, daß wirklich der elektrische Funke auf Chlorsilber einwirkt, und noch rascher auf Bromsilber. Der dazu angewandte Apparat bestand aus einem Pappkasten mit zwei Seitenöffnungen, in welchen Glasröhren saßen. Diese Röhren dienten zur Isolirung zweier Kupferstäbe, welche den elektrischen Funken mitten in den Kasten führten. Die beiden inneren Enden der Stäbe waren 5 Millim. aus einander,

und darunter lag ein empfindliches Papier, bedeckt mit einem Transparent (wahrscheinlich einer in Pappe ausgeschnittenen Figur. *P.*), damit, wenn das elektrische Licht auf das Papier wirke, das Bild des Transparents auf das Papier übertragen werde.

Die Stäbe waren höchstens 4 bis 5 Millim. über dem Bromsilber-Papier. Als man nun drei oder vier Entladungen einer Batterie von vier Flaschen überschlagen liefs und darauf das Papier betrachtete, sah man ein Abbild des Transparents. Zwei Entladungen der Batterie färbten das Papier ein wenig, während eine einzige nicht stark genug war, um darauf zu wirken. Als man hierauf dieses Papier unter einem rothen oder goldgelben Glase dem Sonnenlicht aussetzte, sah man ein Abbild des Transparents erscheinen, was beweist, dafs die unterhaltenden chemischen Strahlen, welche das Sonnenlicht begleiten, auch eine durch das elektrische Licht angefangene Wirkung fortsetzen. Mit Chlorsilber bedurfte es drei bis vier Entladungen, um einen Anfang von Färbung zu erhalten.

Der einfache elektrische Funken vermag auch eine Wirkung auf das empfindliche Papier auszuüben; allein es bedarf dazu einer sehr grofsen Zahl von ihnen.

Ich habe auch untersucht, welchen Einflufs die Dazwischensetzung von Schirmen zwischen das empfindliche Papier und den elektrischen Funken haben würde. Ich wandte zu dem Ende die weissen, violetten, blauen, gelben und rothen Gläser an, deren ich mich schon beim Sonnenlicht bedient hatte. Mehre Stücke wurden aus einem Blatt Bromsilber-Papier geschnitten, darauf successiv auf den Boden eines Kastens gelegt, und zwar unter einem Transparent, das mit einem der farbigen Gläser bedeckt war. Alsdann wurde der Kasten bei jedem Versuch verschlossen, und nach einander zwei Entladungen einer bis zu 20° des Kugelelektrometers geladenen Batterie von vier Flaschen durchgeleitet. Als man nun

die verschiedenen Papiere mittelst eines Kerzenlichts in einem dunklen Zimmer untersuchte, sah man nur auf denen einen deutlichen Abdruck, welche direct vom elektrischen Licht getroffen waren; die übrigen waren weiß geblieben. Es fand aber immer eine anfangende Wirkung statt; denn wenn man sie, unter einem rothen Glase, dem Sonnenlicht aussetzte, sah man die meisten Papiere ein farbiges Bild vom Transparent darstellen. Nach einer zur Färbung der Theile, die einen anfangenden Eindruck erhalten hatten, hinlänglichen Zeit wurden die verschiedenen Papiere abermals untersucht. Diejenigen, welche unter den weißen, violetten und blauen Gläsern gelegen hatten, waren sämmtlich gefärbt oder zeigten wenigstens ein Abbild des Transparents; während die unter den gelben und rothen Gläsern dem elektrischen Funken ausgesetzt gewesen keine Färbung sehen ließen.

Man sieht also, daß die ersteren Schirme einen Theil der chemischen Strahlen des elektrischen Lichtes durchgelassen hatten; allein es bedurfte einer nachherigen Wirkung gewisser Strahlen, um auf dem empfindlichen Papiere eine Färbung zum Vorschein kommen zu lassen.

Ich habe mittelst der farbigen Gläser versucht, ob das elektrische Licht eben so wie das Sonnenlicht zwei Klassen von chemischen Strahlen enthalte, die einen bloß die von den andern begonnene Wirkung fortsetzend, bin aber zu keinem genügenden Resultat gelangt.

Aus vorstehenden Untersuchungen kann man folgende Schlüsse ziehen.

1) Die chemischen Strahlen, welche das Sonnenlicht begleiten und auf die Silbersalze wirken, umfassen wenigstens zweierlei Strahlen, zunächst die gewöhnlichen chemischen Strahlen, welche ich erregende chemische Strahlen genannt habe, und dann andere, die ich fortsetzende Strahlen nenne, und die nur eine von den ersten angefangene Wirkung fortsetzen.

2) Die fortsetzenden Strahlen liegen, was ihre Brech-

barkeit betrifft, in den oberen Theil des Sonnenspectrums, d. h. begleiten die rothen, orangefarbenen, gelben und grünen, vielleicht auch die wenigst brechbaren blauen Strahlen; allein in diesen letzteren fallen sie mit den erregenden Strahlen zusammen. In der That weiß man, daß diese letzteren gewöhnlich die brechbarsten Lichtstrahlen begleiten, und einige derselben, im Sonnenspectrum, selbst jenseits des Violettes liegen.

3) Unter den Schirmen giebt es einige, die bloß die fortsetzenden Strahlen, andere, die beide Klassen durchlassen.

4) Die fortsetzenden Strahlen unterhalten auch eine chemische Action, die unter dem Einfluß des das elektrische Licht begleitenden chemischen Agens angefangen ist, und sie können zur Erkennung und Zerlegung der chemischen Action dieses letzteren Agens dienen.

---

## V. Ueber den Lichtbogen zwischen den Polen der Säule.

---

Mittelst einer Grove'schen Säule von 40 Plattenpaaren hat Hr. De la Rive beobachtet, daß dieser Lichtbogen sich bildet, nicht bloß wenn man Kohlenspitzen, sondern auch wenn Platinschwamm oder durch Wasserstoff reducirtes Kupfer, in Glasröhren eingestampft, als Pole anwendet. Es genügt sogar, den einen Pol, den *positiven*, aus einer dieser wenig cohäsiven Substanz zu nehmen; der negative kann von einem festen Metall, z. B. Platin, seyn, nur müssen beide Pole sich vorher berührt und erhitzt haben. Der Lichtbogen, der dann nach Auseinanderrückung der Pole sich zeigt, besteht aus einer (sogar sichtbaren) Fortführung glühender Theilchen. Holzkohle muß vorher geglüht und in Wasser gelöscht werden; ein noch besseres Licht giebt Coak. (*Archiv. de l'électr. T. I p. 262.*)

---

VI. *Ueber elektrische Ströme durch ungleichzeitiges Eintauchen homogener Metalle;*  
*von H. Schröder.*

§. 1. Ich hatte im Laufe der verflossenen Jahre Gelegenheit mehrere Galvanometer unter meiner Aufsicht ausführen zu lassen, und dahin zu gelangen, denselben eine solche Einrichtung zu geben, daß sie für sehr schwache hydroelektrische Ströme bei sehr grossem Leitungswiderstande eine Empfindlichkeit gewähren, die, wie ich glaube, bis dahin noch nicht erreicht worden ist. Der Besitz eines solchen Instrumentes veranlafste mich eine Untersuchungsreihe über die, durch ungleichzeitiges Eintauchen homogener Metalle entstehenden elektrischen Ströme anzustellen, deren erste Resultate ich im gegenwärtigen Aufsätze mittheilen will. Ich glaube jedoch über den Galvanometer, dessen ich mich bediente, einige Worte vorausschicken zu müssen.

§. 2. Ich kann mich kürzer fassen, wenn ich zum Voraus bemerke, daß ich die von Fechner in Band XXXXV dieser Annalen angegebenen Vortheile langer Multiplicatoren in jeder Hinsicht vollkommen bestätigt gefunden habe, und verweise daher auf jenen belehrenden Aufsatz von Fechner. Ich fand es vortheilhaft, den Draht so dünn zu nehmen, daß er eben noch Festigkeit genug hat, um bei dem Aufwinden gehörig angespannt werden zu können. Bei dem Galvanometer, dessen ich mich gewöhnlich bediente, wiegen 5 Fufs des angewendeten Kupferdrahts im unüberspannenen Zustande im Mittel aus mehreren Wägungen 0,52 Grm. Der Draht ist auf einen parallelepipedischen Rahmen von Holz aufgewunden, dessen Länge 3 Zoll 7 Linien, dessen Breite

1 Zoll 4,5 Linien Pariser Maafs beträgt. Zwei prismatische hölzerne Stäbchen von 1,5 Par. Lin. Breite halten die Windungen in der Mitte des Rahmens auseinander, um die untere Nadel des astatischen Systems durchzulassen. Nach Abrechnung des mittleren Zwischenraums von 1,5 Linien zwischen den Windungen, bleibt für die Breite der Windungen selbst 1 Zoll 3 Lin. Auf diese Breite gehen 104 Windungen des überspannenen Drahtes; ich konnte bei den genannten Dimensionen die Anzahl der Windungen noch bis 4500 mit Vortheil vermehren, so dafs der Draht in 44 Lagen aufgewunden ist. Jede einzelne Lage wurde stark mit Schellack gefirnist, und getrocknet, ehe eine neue aufgewunden wurde, so dafs das Ganze gleichsam einen festen Körper darstellt. Die Prüfung, ob eine Vermehrung der Windungen noch merklich vortheilhaft war, nahm ich mit einem Platindrahte und Kupferdrahte in destillirtem Wasser vor.

§. 3. Die Länge der Doppelnadeln beträgt 2 Zoll 7 Lin., so dafs sie, senkrecht auf die Windungen gestellt, mit ihren Polen über dieselben hinausragen. Daher ist das Instrument zur Messung von Oscillationen, nach Fechner's Methode, nicht geeignet, wenn nicht kürzere Nadeln genommen werden. Die Messung von Oscillationen ist übrigens bei den durch ungleichzeitiges Eintauchen entstehenden Strömen ohnehin nicht anwendbar, weil dieselben von zu kurzer Dauer sind. Ich habe jedoch seitdem zur Messung von Oscillationen ein übrigens ganz ähnliches Instrument construirt, bei welchem der Rahmen die doppelte Breite hat, und die Anzahl der Windungen bis auf 10000 steigt.

§. 4. Ein Umstand hat mich bei der Construction des ersten Instrumentes dieser Art nicht wenig aufgehalten. Ungeachtet ich mich nämlich durch mehrfache Prüfung überzeugt hatte, dafs alle Theile des Instrumentes und seines Stativs eisenfrei seyen, konnte ich doch die Nadel nie zur Einstellung bringen. Stand die Nadel rechts vom Nullpunkt, und ich schob diesen durch sanfte

Drehung des Rahmens nach, so wich die Nadel mit allmählicher Beschleunigung bis auf  $10^{\circ}$  bis  $15^{\circ}$  links aus, und umgekehrt, schob ich nun den Nullpunkt wieder zurück, so wich sie allmählig eben so weit rechts aus, und konnte überhaupt im Stande der Ruhe nur in einer vom Parallelismus um  $5^{\circ}$  bis  $8^{\circ}$  abweichenden Lage erhalten werden. Eine anziehende Kraft der Drahtwindungen auf die Nadel war nicht zu verkennen; sie zeigte sich bei allen Kupfersorten, die ich anwenden konnte. Gleichzeitig gab eine chemische Untersuchung des Kupferdrahts auf Eisen keine, oder doch nur eine zweideutige Spur davon zu erkennen, daß ich unmöglich einen Eisengehalt für die Ursache dieser Anziehung halten konnte <sup>1)</sup>. Ich bin vielmehr zu dem Schlusse genöthigt, *daß das Kupfer selbst schwach magnetisch ist*. Ich kann mir nicht anders erklären, weshalb die erwähnte, bei der Construction empfindlicher Galvanometer ganz unvermeidliche Schwierigkeit nicht von allen denen bemerkt wurde, die sich damit beschäftigt haben, als indem ich annehme, daß man bis dahin in der Regel auf Kosten der Empfindlichkeit den mittleren Zwischenpunkt zwischen den beiderseitigen Windungen viel weiter, und so weit zugelassen hat, daß die anziehende Kraft des Drahtes nicht mehr hinreicht, die etwas entfernte Nadel in Bewegung zu setzen. Diefes ist in der That der Fall bei allen Galvanometern, die mir bisher zu Gesicht gekommen sind. Auch macht ein so enger Zwischenraum, als ich ihn gewählt habe, allerdings nöthig, daß durch Correctionsschrauben dem Rahmen und dem Aufhängepunkt der Nadeln zwei auf einander senkrechte Bewegungen gegeben werden können, damit man sowohl den Aufhängepunkt der Nadeln als den Mittelpunkt des Rahmens genau in die verticale Drehungsaxe der Basis, darauf der Rahmen steht, bringen könne; indem durch eine ungenaue Aufstellung, wegen des allzu leichten seitlichen Anliegens des Verbindungs-

1) Ganz dieselbe Erfahrung ist hier vor längerer Zeit von Hrn. Dr. Riefs gemacht.

drahtes beider Nadeln an die Windungen, das Instrument alle Brauchbarkeit verlieren würde. Obgleich seit-her Lenz (Bd. XXXXVII S. 585 dies. Annal.) auf die- sen, von dem Magnetismus des Kupferdrahtes herrühren- den, störenden Umstand aufmerksam gemacht hat, so habe ich es doch nicht für überflüssig gehalten, meine eigene Erfahrung in dieser Beziehung mitzutheilen, um so mehr als Lenz sich des Silberdrahtes bedient, um diesem Hin- derniß auszuweichen, wodurch die Instrumente natürlich sehr vertheuert werden; während ich gefunden habe, daß sich diese Anziehung des Kupferdrahts durch eine leichte *Compensation* unschädlich machen läßt. Ich erreiche diese Compensation durch ein Paar, etwa  $1\frac{1}{2}$  Lin. lange, dünne Eisencylinder, die ich in die, die Windungen aus- einanderhaltenden, mittleren Stäbe des Rahmens horizon- tal einfüge, und so lange verkleinere oder verschiebe, bis sie eben ausreichen, die Nadel in der den Windungen parallelen Stellung festzuhalten; ich befestige sie dann durch etwas Wachs.

§. 5. Bei Anwendung einer solchen Compensation läßt sich diesen Instrumenten eine wirklich erstaunens- werthe Empfindlichkeit geben. Um nur ein Paar Pro- ben beizubringen, will ich erwähnen, daß das oben nä- her beschriebene Instrument, ungeachtet der Länge und des kleinen Querschnitts des Drahts, selbst für *thermo- elektrische* Ströme noch *empfindlich* zu nennen ist. In gewöhnlicher Zimmerwärme erhalte ich an demselben durch ein einfaches Wismuth-Antimon-Element einen Ausschlag von  $22^{\circ}$  und eine stehende Ablenkung von  $15^{\circ}$ , wenn ich die Löthstelle nur mit dem Finger er- wärme. Zwei dünne Drähte eines und desselben Me- talls sind, selbst bei der sorgfältigsten Reinigung mit Smirgelpapier, nur selten so homogen zu erhalten, daß sie, in destillirtes Wasser gleichzeitig eingetaucht, ei- nen Strom geben. Es gelingt mir dieß überhaupt in der Regel nur bei Platin, Gold, Silber und Kupfer, und



selbst bei diesen weicht die Nadel doch häufig anfangs um  $\frac{1}{4}^{\circ}$  bis  $\frac{1}{2}^{\circ}$  aus; stellt sich aber dann bald völlig ein. Zwei Poldrähte von gleichem Metalle darf ich selbst mit scheinbar ganz *trocknen* Fingern nicht zugleich anfassen, ohne einen schwachen Strom zu erhalten. Ich mußte daher bei allen später zu beschreibenden Versuchen, wenigstens Einen der Poldrähte durch Kork stecken und beim Kork anfassen.

Ich glaubte, die nähere Beschreibung des Instrumentes deshalb nicht unterlassen zu dürfen, weil man vielleicht mehrfach vergeblich versuchen würde, die nachfolgend zu beschreibenden Beobachtungen zu wiederholen und zu controliren, falls man sich eines weniger empfindlichen Galvanometers bedienen sollte.

§. 6. Da die Beobachtungen, welche bis dahin über die Ströme durch ungleichzeitiges Eintauchen homogener Metalle bekannt geworden waren, gar keinen Zusammenhang erkennen ließen, und sogar die von den ausgezeichnetsten Experimentatoren angegebenen Thatsachen theilweise in directem Widerspruche unter einander zu stehen scheinen, so war ich im Voraus überzeugt, daß die Ursachen dieser Ströme zusammengesetzt und theilweise von nicht berücksichtigten Umständen seyn mußten. Um daher nicht selbst sogleich in ein Labyrinth zu gerathen, nahm ich mir vor, den einfachsten Fall auszuwählen, und vorerst nur diejenigen Ströme zu untersuchen, welche durch ungleichzeitiges Eintauchen der Metalle in *destillirtes Wasser* entstehen.

§. 7. Die Methode der zunächst zu beschreibenden Versuche war im Allgemeinen folgende: Ich füllte ein cylindrisches Glasgefäß mit destillirtem Wasser, und verschaffte mir zwei Drähte, vom nämlichen Metalle und vom gleichen Stück abgeschnitten, deren Eines Ende ich mit den beweglichen Quecksilbergefaßen des Galvanometers, durch dünnen, biegsamen Kupferdraht in Verbindung brachte; das andere Ende, welches in destillirtes Was-

ser eingetaucht wurde, reinigte ich vor jedem Versuche sorgfältig und mehrfach mit trockenem Smirgelpapier, um jedesmal eine neugeschliffene metallische Oberfläche zu erhalten. Jede andere Reinigungsmethode, bei welcher die Oberfläche der Drähte nicht ganz neu gefeilt oder geschliffen wird, und zugleich trocken bleibt, hat sich als völlig ungenügend erwiesen. Die Drähte, die in der Regel  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{3}$  Linie dick waren, tauchten ungefähr einen Zoll tief ein, und standen in der Flüssigkeit  $\frac{1}{2}$  Zoll bis einen Zoll weit auseinander. Ich nahm nur diejenigen Versuche als gültig oder gelungen an, bei welchen kurze Zeit nach dem Eintauchen des zweiten Drahtes die Nadel zur Einstellung in die Ruhelage kam; weil ein bleibender Strom in der Regel anzeigt, daß die Drähte nicht völlig homogen waren. Wo dies aus besonderen Ursachen nicht zu erreichen war, werde ich es übrigens bemerken. Jeder Versuch wurde so oft wiederholt, daß über das Constante der Erscheinung kein Zweifel übrig bleiben konnte, und zufällige Störungen jedenfalls als solche erkannt wurden. Die angegebenen Grade können natürlich nicht als Maafs des Stromes betrachtet werden, sondern nur über das Mehr oder Weniger der relativen Kraft, mit der die Nadel abgelenkt wurde, Aufschluß geben. Ungeachtet der grössten Sorgfalt war es mir doch nur selten möglich, bei Wiederholungen desselben Versuches völlig genau gleich starke Ströme zu erhalten; ein Umstand, der jedoch bei der erwähnten Empfindlichkeit des Instrumentes dem Werthe der Versuche keinen Eintrag thun kann.

§. 8. Der Kürze des Ausdrucks wegen werde ich fortan den früher eingetauchten Draht mit Draht *a*, den später eingetauchten mit Draht *b* bezeichnen. Wenn ich sage, Draht *a* verhält sich *negativ*, so heisst dies: die Nadel wird so abgelenkt wie wenn an der Stelle von Draht *a* ein *Kupferdraht* an der Stelle von Draht *b* sich ein *Zinkdraht* befände, und umgekehrt.

Das destillirte Wasser wurde auf seine Reinheit dadurch geprüft, daß es 1) auf Reagenzpapier ohne Wirkung war; 2) durch klee-saures Ammoniak, so wie durch salpetersaures Silberoxyd nicht getrübt wurde; 3) blank geschabtes metallisches Blei unter Bildung eines Wölkchens von Bleioxydhydrat auflöste; 4) in einer Menge von einigen Grammen in einem Platintiegel verdunstet, keinen Rückstand hinterließ.

Versuche durch ungleichzeitiges Eintauchen in destillirtes Wasser.

§. 9. *Erster Versuch. Homogene Platindrähte.*  
 Platindraht *a* ist in destillirtes Wasser von der Temperatur der Zimmerwärme eingetaucht. Platindraht *b*, durch einen dünnen Kupferdraht bleibend mit dem Galvanometer verbunden, wird frisch durch Smirgelpapier gereinigt, und dann ebenfalls eingesenkt; der Abstand beider Drähte im Wasser ist  $\frac{1}{2}$  Zoll: so ist Draht *a* *negativ*, und es entsteht ein Strom von  $21^{\circ}$ , d. h. die Nadel weicht bis auf  $21^{\circ}$  aus. Die Stärke des Stromes hängt hauptsächlich von der Behendigkeit ab, mit welcher das Einsenken des zweiten Drahtes ausgeführt wird. Nur wenn man hiebei stets genau den gleichen Tact befolgt, erhält man bei wiederholten Versuchen *gleich starke* Ströme; die *Richtung* des Stroms bleibt bei jeder Geschwindigkeit des Einsenkens dieselbe. Nach verschiedenen Versuchen, das Einsenken durch mechanische Vorrichtungen zu besorgen, kam ich doch immer wieder darauf zurück, es mit freier Hand zu thun. Nach einiger Uebung konnte ich dabei bei weitem die beste Uebereinstimmung erhalten. — Bei dem erwähnten Versuche stellt sich die Nadel vollkommen ein, sobald ihre Schwingungen beendigt sind. Das Resultat des Versuchs bleibt dasselbe bei allen Temperaturen des Wassers von  $0^{\circ}$  bis  $100^{\circ}$ , nur ist der Strom bei höherer Temperatur des Wassers ohne Vergleich stärker. — Ich ließ Draht *a*

gegen 24 Stunden mit dem Wasser in Berührung; wurde dann Draht *b* wie vorher frisch gesmiret und eingesenkt, so war der Strom gleich groß, als wenn Draht *a* nur einige Secunden vorher eingetaucht wurde, vorausgesetzt, daß das Wasser dieselbe Temperatur und Sättigung mit Luft hatte, wie beim vorigen Versuch. — Wenn der Versuch vollkommen gelingt, so daß sich die Nadel unmittelbar nachher einstellt, so ist stets auch die *Benetzung* der Drähte durch das Wasser vollkommen. Ein kleiner Tropfen Wasser breitet sich auf dem benetzten Theile beim Umkehren des ausgehobenen Drahts in der dünnsten Schicht vollkommen gleichförmig aus. Ist dieß nicht der Fall, so kommt die Nadel erst nach längerer Zeit zur Einstellung. — Der bei diesem Versuche entstehende Strom kann nicht verursacht seyn von einer chemischen Action des destillirten Wassers auf das Platin, weil eine solche bekanntlich nicht stattfindet; auch hat man überhaupt keinen Grund, an eine solche als die Ursache des Stroms zu denken; nachdem durch Fechner, Lenz und durch Poggendorff's Beobachtungen die Volta'sche Contacttheorie und das Ohm'sche Gesetz vollkommen erwiesen sind. Obwohl die folgenden Versuche als eben so viele Beweise gegen die chemische Theorie würden gelten können, so werde ich dieselben doch in diesem Sinn nicht mehr discutiren, da ich es für die Wissenschaft für überflüssig halte. — Der in Versuch (1) entstehende Strom kann auch nicht herrühren von der Berührung des Metalls mit der Flüssigkeit, was z. B. Pfaff anzunehmen geneigt seyn würde; weil hier zwei vollkommen homogene Metalle mit der nämlichen Flüssigkeit unter ganz identischen Umständen in Berührung kommen.

Dieser Strom kann jedoch auch nicht abhängen von dem Act der Benetzung, was, nach Becquerel, auf einen von der Capillaritätswirkung herrührenden Strom hinauskommen würde. Ich habe vielleicht ein andermal Ge-  
le-

legenheit zu zeigen, daß ein solcher Strom gar nicht existirt; hier will ich als Grund gegen diese Annahme nur anführen, daß die Ursache des Stroms auch *nach* der Benetzung *bleibend* ist, und *fortwirkt*, wie sich aus nachfolgenden Versuchen von selbst ergeben wird. Der Strom rührt vielmehr in diesem Falle nur von dem *Zustande* der Oberfläche des Platins her, welcher mit der Benetzung zugleich entstanden ist.

Der Versuch lehrt uns, *daß mit der Benetzung der Oberfläche des Platins zugleich eine solche Veränderung dieser Oberfläche entsteht, daß das Platin seine Stellung in der galvanischen Spannungsreihe ändert*. Da der früher eingetauchte Draht *negativ* gegen den später eingetauchten ist, so könnte man folgern, daß das Platin durch das destillirte Wasser eine *negativ* veränderte Oberfläche erhält. Das Urtheil ist in *diesem* Falle richtig, obgleich es in sehr vielen Fällen falsch seyn würde. Schon Fechner hat nämlich darauf aufmerksam gemacht, daß das früher eingetauchte Metall gegen das später eingetauchte *negativ* seyn, und dennoch von der Flüssigkeit *positiv* verändert seyn kann, weil die positive Veränderung im ersten Augenblicke stärker ist, als nach einigen Momenten der andauernden Wirkung der Flüssigkeit auf das Metall. Ich werde zeigen, daß diese Fälle nur dann eintreten, wenn eine Flüssigkeit eine *chemische* Wirkung auf ein Metall hat, und daß sie dann sogar in der Regel eintreten. In Betreff des vorliegenden Versuches werde ich beweisen, daß das Platin *wirklich* durch destillirtes Wasser *negativ* verändert wird. — Damit alle Umstände dieser Versuchsweise genau beurtheilt werden können, muß ich jedoch einen anderen Versuch vorausschicken, welcher uns beweist, daß mit der Benetzung des Platins durch destillirtes Wasser ein beträchtlicher Uebergangswiderstand erzeugt wird.

§. 10. *Zweiter Versuch*. Die Vorrichtungen in der Hauptsache wie in Versuch (I).

1. *Fall.* Beide Platindrähte werden einen Zoll tief eingesenkt; Draht *b*, frisch gereinigt, später, so ist *b* positiv gegen *a*, ganz wie in Versuch (I). Die Nadel giebt folgende erste Schwingungen hin und her für *b* in drei wiederholten Versuchen:  $+16^{\circ},8 - 7^{\circ},2$ ;  $+16^{\circ},5 - 6^{\circ},9$ ;  $+16^{\circ} - 6^{\circ},5$ .

2. *Fall.* Draht *a* ist nur 4 Linien tief eingesenkt; Draht *b* wird später, frisch gereinigt, einen Zoll tief eingesenkt, der Abstand beider Drähte ist derselbe wie vorher: Draht *b* ist positiv, und die Nadel giebt in drei Versuchen folgende erste Schwingungen:  $+6^{\circ},7 - 3^{\circ},4$ ;  $+6^{\circ},9 - 3^{\circ},9$ ;  $+6^{\circ},4 - 3^{\circ},7$ .

3. *Fall.* Draht *a* ist nur 4 Linien tief eingesenkt; nun auch Draht *b* frisch gereinigt nur 4 Linien tief eingesenkt; *b* ist positiv; die Nadel giebt folgende Schwingungen in drei Versuchen:  $+5^{\circ},6 - 3^{\circ}$ ;  $+5^{\circ},5 - 3^{\circ},1$ ;  $+5^{\circ},5 - 3^{\circ}$ .

4. *Fall.* Nun ist *a* einen Zoll tief eingesenkt; *b*, frisch gereinigt, wird nur 4 Linien tief eingesenkt; *b* ist positiv; Schwingungen der Nadel in drei Versuchen:  $+10^{\circ},9 - 5^{\circ}$ ;  $+10^{\circ},9 - 5^{\circ}$ ;  $+10^{\circ},7 - 4^{\circ},9$ .

5. *Fall.* Zur Controle, ob alle Umstände unverändert geblieben seyen, ist jetzt wieder *a* einen Zoll tief eingesenkt; der Strom muß derselbe seyn, wie im ersten Falle; *b* ist positiv; Schwingung der Nadel:  $+16^{\circ},9 - 7^{\circ},5$ ; also genau der frühere Strom. Es versteht sich, daß jedesmal die Ruhe der Nadel wieder abgewartet wurde, um von der Homogenität der Drähte durch unmittelbare Einstellung der Nadel überzeugt zu seyn, und daß Draht *a*, wenn er zum Theil ausgehoben oder tiefer eingesenkt werden sollte, jedesmal vorher ebenfalls frisch gereinigt wurde.

Diese Versuche, die ich öfter mit dem gleichen Resultate wiederholt habe, enthalten einen ganz directen und zugleich den einfachsten Beweis von dem Daseyn des Uebergangswiderstandes, der bisher geliefert worden

ist. Wenn im zweiten Falle der früher eingetauchte Draht statt einen Zoll tief, nur 4 Linien tief eingesenkt ist, so ist die Schwächung des Stroms von  $16^\circ$  auf  $6^\circ$ . Wird hingegen im 4. Falle der *später* eingetauchte Draht, statt einen Zoll tief, nur 4 Linien tief eingetaucht, so findet nur eine Schwächung des Stroms von  $16^\circ$  auf *beinahe*  $11^\circ$  statt. Werden endlich im dritten Fall *beide* Drähte nur 4 Linien tief eingetaucht, so ist der Strom nur um Einen Grad schwächer, als wenn blofs Draht *a* auf 4 Linien Tiefe, Draht *b* aber einen Zoll tief eingesenkt wird. Diese Thatsachen zeigen, dafs der Widerstand des Uebergangs erst dann bedeutend wird, wenn die Wirkung des destillirten Wassers auf das Platin bereits ihr Maximum erreicht hat. Da die Benetzung höchst rasch eintritt, und, mit ihr, die elektromotorische Veränderung der Platinoberfläche, so kann man den *später* eingetauchten Draht schon nicht für völlig unverändert halten, während der ganzen Zeit, während welcher die Nadel Impulse erhält, deren Summe die Gröfse ihrer Ausweichung hervorrufen, und deshalb ist es sehr erlaubt, anzuerkennen, ja es ist höchst wahrscheinlich, dafs ein Widerstand des Uebergangs, obgleich ein solcher am *später* eingetauchten Draht noch merkbar werden kann, dennoch zwischen dem *unveränderten* Drahte und der Flüssigkeit gar nicht eintreten würde; dafs vielmehr der Uebergangswiderstand nur allein mit der Veränderung eintritt, welche das Metall in der Flüssigkeit erleidet. Der Widerstand des Uebergangs ist viel bedeutender als der einer beträchtlich langen, schlecht leitenden Flüssigkeitsschicht, und es ist daher nichts natürlicher, als anzuerkennen, *dafs das Platin im reinen destillirten Wasser einen Ueberzug erhält, der wie ein schlecht leitender Firnifs wirkt, und zugleich in der galvanischen Spannungsreihe beträchtlich negativer ist als das Platin selbst; dieser Ueberzug ist in wenig Augenblicken vollkommen hergestellt, dringt nur auf unbestimmt kleine Tiefe, die*

*wir Molecular-Tiefe nennen wollen, ein, und schützt das Metall vor der weiteren Einwirkung der Flüssigkeit. Die Erzeugung desselben ist eine unmittelbare Folge der Benetzung.*

Wer die Gültigkeit der Ohm'schen Gesetze anerkennt, wird keine Schwierigkeit haben, aus den mitgetheilten Messungen die angeführten Folgerungen selbst zu ziehen; es ist aber nicht meine Absicht, das Ohm'sche Gesetz erst zu rechtfertigen, weil ich dasselbe, wie schon bemerkt, für hinreichend erwiesen halte. Zu welchen Hypothesen die chemische Theorie ihre Zuflucht nehmen mußte, um den Erfolg der angeführten Beobachtungen zu erklären, ist mir unbekannt.

§. 11. *Dritter Versuch.* Ich will nun die Versuche anführen, welche den Beweis enthalten, daß das Platin im Wasser wirklich *negativ* verändert wird. Fechner hat das Verdienst, die Methode dieser Versuchsart angegeben zu haben. Zu diesem Ende nehme ich zwei cylindrische Glasgefäße *A* und *B* mit destillirtem Wasser gefüllt, welche durch einen Platindrahtbogen verbunden sind, dessen beide Enden, um einen großen Leitungswiderstand zu erzeugen, nur 4 Linien tief eintauchen. In Gefäß *A* wird ein Platin-Poldraht, in Gefäß *B* ein Eisen-Poldraht eingesenkt. Werden beide Poldrähte zugleich eingesenkt, so wird die unveränderte Platinfläche verglichen mit der unveränderten, streng genommen im ersten Moment der Veränderung begriffenen Eisenfläche; wird aber der Platin-Poldraht zuerst eingesenkt, so wird nun die *veränderte* Platinfläche verglichen, wiederum mit der unveränderten Eisenfläche. Ist der Strom am zweiten Falle größer, als im ersten, so ist dadurch völlig erwiesen, daß das veränderte Platin elektronegativer ist, als das unveränderte; um so mehr, wenn, wie zu erweisen ist, der Leitungswiderstand im zweiten Fall ebenfalls größer ist.

1. *Fall.* Der Platin-Poldraht ein und einen halben



Zoll tief eingesenkt; wird nun auch der Eisen-Poldraht eben so tief eingesenkt, so ist Eisen positiv, und die Nadel weicht in zwei wiederholten Versuchen aus um  $+18^{\circ},1$  und  $+18^{\circ},2$ .

2. *Fall.* Nun wird der Platin-Poldraht nur halb so tief eingetaucht; der Eisen-Poldraht später, und wieder  $1\frac{1}{2}$  Zoll tief. Der Strom ist jetzt für Eisen  $+14^{\circ},6$ . — Der Widerstand des Uebergangs am Platin-Poldraht hat daher noch einigen Einfluss, aber einen verhältnißmäßig doch nur geringen.

3. *Fall.* Werden nun beide Poldrähte zugleich eingesenkt, so ist der Strom für Eisen in drei Versuchen:  $+11^{\circ},9$ ;  $+11^{\circ},8$  und  $+11^{\circ},7$ , also statt  $18^{\circ}$  im ersten nur  $12^{\circ}$  im dritten Fall; obgleich der Leitungswiderstand, wie aus Versuch (II) hervorgeht, im dritten Fall beträchtlich geringer ist. — Hierdurch ist also erwiesen, daß Platin im destillirten Wasser beträchtlich *negativ* verändert wird. Um mich von der Gleichheit aller Umstände zu überzeugen, mußte ich nun die Poldrähte wechseln; den Eisen-Poldraht in Gefäß *A*, den Platin-Poldraht in Gefäß *B* eintauchen, und dieselbe Versuchsreihe wiederholen. Die Resultate waren in der *Art* der Stromdifferenzen vollkommen dieselben; ich konnte aber nie erreichen, bei Wiederholung dieses Versuchs auch nur genähert die gleichen Stromgrößen zu erhalten. Ich fand endlich nach langer vergeblicher Bemühung den *Grund* dieser Unregelmäßigkeit, der mich zugleich überzeugte, daß sie bei Anwendung von Eisen nicht zu vermeiden ist. Der Eisendraht muß nämlich vor jedem wiederholten Einsenken mit einem Tuch getrocknet und dann mit Smirgelpapier frisch gefeilt werden; es ist aber nicht erlaubt, ihn *nach* dem Feilen wieder mit Papier, Tuch oder sonst etwas abzuwischen, weil dadurch seine Oberfläche unfehlbar verändert wird; man kann dies an der Unregelmäßigkeit der Ströme, die man erhält, falls man es thut, und noch leichter daran bemerken, daß die *Be-*

*netzung* nicht mehr vollkommen stattfindet. Der an dem ausgehobenen Drahte hängen bleibende Wassertropfen breitet sich *nicht* auf dem eingetauchten Theile gleichförmig aus; eine Bemerkung von großem Interesse, die schon Degen vor mehreren Jahren gemacht hat. Es muß also der mit trockenem Smirgelpapier abgeriebene Draht unmittelbar eingetaucht werden, und dabei ist nicht zu vermeiden, daß sich beim Eintauchen einige Pünktchen feinen Eisenstaubes, die an der Oberfläche hängen, ablösen; diese schwimmen anfangs auf dem Wasser, und werden nach und nach als Oxydhydrat von demselben aufgelöst. Man operirt nach wenigen Minuten nicht mehr mit vollkommen reinem destillirten Wasser im Gefäße, in welches der Eisendraht eingetaucht wird. Da dieses eisenhaltige Wasser besser leitet als das reine, so wäre dieß nur ein Grund mehr, daß der Strom im dritten Falle größer ausfallen mußte, als im ersten; auch ist ein Wachsen des Stroms bei Wiederholung der gleichen Versuche sehr deutlich bemerkbar. Dennoch fällt der Strom im dritten Fall viel kleiner aus; es sind daher die aus den angeführten Versuchen gezogenen Schlüsse nur um so mehr gerechtfertigt.

§. 12. *Vierter Versuch.* Unmittelbar nach den vorher angegebenen Versuchen und ohne Zeitverlust machte ich noch folgenden Versuch mit den nämlichen Drähten und Gefäßen.

1. *Fall.* Der Eisen-Poldraht wird zuerst eingetaucht, der Platin-Poldraht nachher. Nun ist der Strom für Eisen in drei wiederholten Versuchen:  $+10^{\circ},3$ ;  $+10^{\circ},5$  und  $+10^{\circ},4$ .

Im 3. Fall wurde *unverändertes* Eisen mit unverändertem Platin, im 4. Fall *verändertes* Eisen unter ganz gleichen Umständen wiederum mit unverändertem Platin verglichen. Da nun der Strom im 3. Fall  $11^{\circ},8$ , im 4. aber nur  $10^{\circ},4$  ist, so sehen wir, daß das benetzte Eisen *negativer* ist, als das unbenetzte; oder daß auch das

*Eisen im destillirten Wasser negativ wird.* Zwar liefse sich bei diesem Schlusse einwenden, daß auch der Uebergangswiderstand am Eisen im 4. Fall vergrößert worden sey; ich habe mich jedoch durch ungleich tiefes Eintauchen des Eisendrahtes überzeugt, daß dieser Uebergangswiderstand jedenfalls gegen den der beiden Platindrähte verschwindend war. — Die gleichen Versuche habe ich mit demselben Resultate, nur mit constanterem Erfolge bei Wiederholungen, auch mit Platin und Kupfer angestellt. *Auch Kupfer wird im Wasser negativ verändert.*

§. 13. *Fünfter Versuch.* Ich will noch einen entsprechenden, mit Kupfer und Eisen angestellten Versuch anführen. Zwei Glasgefäße, *A* und *B*, mit destillirtem Wasser durch einen Platindrahtbogen verbunden, dessen Enden  $\frac{1}{2}$  Zoll tief eintauchen. In *A* ein Kupfer-Poldraht, in *B* ein Eisen-Poldraht.

1. *Fall.* Wird Kupfer zuerst  $1\frac{1}{2}$  Zoll tief eingesenkt, dann Eisen, so ist der Strom für Eisen im Mittel aus drei Versuchen  $+13^{\circ},1$ .

2. *Fall.* Wird Kupfer zuerst, aber nur halb so tief eingetaucht, dann Eisen, so ist der Strom für Eisen im Mittel aus drei Versuchen  $+10^{\circ},5$ ; der Uebergangswiderstand am Kupfer ist also noch merklich.

3. *Fall.* Kupfer und Eisen werden gleichzeitig eingetaucht; der Strom ist für Eisen im Mittel aus drei übereinstimmenden Versuchen  $+9^{\circ},9$ . — Also wird Kupfer im Wasser negativ verändert.

4. *Fall.* Eisen ist zuerst eingetaucht, dann Kupfer. Der Strom ist für Eisen im Mittel aus drei Versuchen  $+7^{\circ},9$ . Es macht keinen merklichen Unterschied, wenn Eisen weniger tief eingetaucht ist; der Uebergangswiderstand am Eisen ist daher nicht beträchtlich, also wird auch Eisen im Wasser negativ verändert.

§. 14. Diese und ähnliche Versuche, in denen abwechselnd der früher eingetauchte Draht von den beiden Poldrähten, oder auch einer der Verbindungsdrähte

der beiden Gefäße *A* und *B*, die aus verschiedenen Metallen genommen werden können, mehr oder weniger tief eingetaucht wird, während die stromerzeugende Ursache dieselbe bleibt, zeigen zugleich direct, daß der Uebergangswiderstand am Platindrahte bei weitem am beträchtlichsten, am Kupferdraht noch beträchtlich, aber viel geringer, am Eisendraht gegen die vorigen sehr gering ist. Da dies jedoch eine bereits bekannte, noch neuerlichst durch Poggendorff's schätzenswerthe Abhandlung festgestellte Thatsache ist, wenn sich dessen Versuche auch nicht auf destillirtes Wasser bezogen haben, so verweile ich nicht länger dabei. Die angegebene Methode, sich von dem Daseyn und der relativen Gröfse des Uebergangswiderstandes an verschiedenen Metallen zu überzeugen, scheint mir jedoch die einfachste und directeste von allen; sie ist natürlich auch für manche andere Flüssigkeiten, die keinen heftigen chemischen Angriff auf die betreffenden Metalle ausüben, mit demselben Erfolge anwendbar.

§. 15. Den Versuch I §. 9, um jeden Zweifel über die richtige Auffassung desselben zu entfernen, habe ich auf die mannigfaltigste Art, ich darf wohl sagen tausendfach, angestellt. Ich habe mich überzeugt, daß derselbe für Platin den gleichen Erfolg giebt, ob Draht *a* heißer oder kälter als Draht *b* war, ob Draht *b* an der Weingeistflamme ausgeglüht oder längere Zeit an der reinen Luft gelegen war, stets war Draht *b* positiv, und nur die Stärke des Stroms war nicht constant. Ich habe mich überzeugt, daß Draht *b*, in sehr verschiedene Gasarten eingetaucht und dann plötzlich eingesenkt, stets in gleichem Grade positiv gegen *a* war; wodurch ich den Beweis erhielt, daß der Erfolg nicht von der vorhergehenden Berührung der *atmosphärischen Luft* mit dem Platin abhängig sey, sondern daß er in der That der Wirkung des *Wassers* auf das Platin zugeschrieben werden müsse. Wenn Draht *b* in Chlor, Wasserstoff

oder salpetrigsaures Gas eingetaucht wurde, war der Erfolg jedoch verändert, weil diese Gase auf das Platin wirken, worauf ich bei anderer Gelegenheit zurückkommen werde.

§. 16. Läßt man einen genetzten Platindraht an der Luft trocken werden, oder trocknet man ihn mit Papier, Leinen oder Tuch, so verhält er sich wie ein gereinigter Draht, der längere Zeit an der Luft gelegen hat, d. h. er stimmt mehr oder weniger überein mit einem frisch gereinigten, ohne sich jedoch mit einem solchen ganz homogen zu zeigen. Ich habe hiebei jedoch nur zufällige, nicht constante Differenzen wahrnehmen können. Hieraus muß ich schließen, daß die Veränderung, welche die Oberfläche des Platins im destillirten Wasser erleidet, an der Luft nach und nach von selbst wieder verschwindet, oder durch Abwischen und Abtrocknen wieder aufgehoben werden kann.

§. 17. *Sechster Versuch.* Zwei homogene Platindrähte sind, wie in Versuch II, mit den Polnäpfen des Galvanometers durch dünnen Kupferdraht verbunden und in destillirtes Wasser eingetaucht. Hebe ich nun den einen Draht im benetzten Zustande an die Luft, und senke ihn wieder ein, so ist derselbe ebenfalls *positiv* gegen den früher eingetauchten. Der Strom ist 1° bis 5°, je nachdem ich den ausgehobenen unmittelbar nach dem Ausheben wieder einsenke, oder kürzere oder längere Zeit an der Luft halte. Dieser Versuch kann mit dem gleichen Erfolge wiederholt werden, so oft man will. — Der Strom hängt hier nicht von einem theilweisen Trockenwerden des ausgehobenen Drahtes ab; sobald ein solches eintritt, wird der Draht von dem an ihm hängen bleibenden Tropfen nicht mehr gleichförmig bei Umkehrung desselben benetzt, und diesen Fall habe ich nicht abgewartet, vielmehr blieb der eingetauchte Theil sichtlich vollkommen benetzt. Der Strom ergiebt sich auch, wenn nur ein Theil des benetzten Stückes nach-

her wieder eingesenkt wird, wodurch man sich überzeugen kann, daß er nicht davon abhängt, daß das Wasser von dem unbenetzten Theile beim Einsenken hinaufspült. Ich glaube daher, daß es keine andere Auffassungsweise für die Ursache dieses Stromes giebt, als diese: *daß die mit Wasser benetzte Platinfläche die Bestandtheile der atmosphärischen Luft in andere Proportionen auflöst und condensirt, als das reine Wasser für sich, wodurch der durch die Benetzung auf der Platinfläche entstandene Ueberzug eine geringe Modification erhält, die ihn positiver macht.* Diese Modification des Ueberzuges verschwindet wieder, wenn der Draht in Wasser eingesenkt ist.

§. 18. Die gleichen Versuche alle, die ich hier für Platin näher beschrieben und auseinandergesetzt habe, habe ich auch mehrfach für *Kupfer, Gold, Silber und Zinn* angestellt. Diese sämmtlichen Metalle gaben in allen Fällen stets die gleiche Art des Erfolges, wie die entsprechenden Versuche mit Platin; nur wurden die gereinigten Drähte durch Eintauchen in Wasserstoffgas nicht verändert, und die entstehenden Ströme waren in allen Fällen schwächer. Bei den Versuchen mit Gold und Silber werde ich um so weniger verweilen, als mir keine chemisch reinen Metalle, sondern nur Legirungen derselben unter einander und mit Kupfer zu Gebot standen.

§. 19. Ich habe bereits §. 12 bewiesen, daß auch das *Kupfer* im destillirten Wasser einen Ueberzug erhält, wodurch dasselbe negativer wird. Der Versuch mit Kupferdrähten und destillirtem Wasser ganz so, wie in §. 9 Versuch I mit Platindrähten angestellt, giebt einen Strom von  $9^{\circ}$ , während er für Platin bis zu  $21^{\circ}$  geht. Da nun der Uebergangswiderstand des Ueberzuges, den das Kupfer im destillirten Wasser erhält, wie in §. 14 bereits gezeigt wurde, viel geringer ist, als der des Ueberzuges, den das Platin erhält, alle übrigen Umstände des

Versuchs ganz die gleichen sind, die Stromstärke für Platin aber, ungeachtet des beträchtlich größeren Leitungswiderstandes, dennoch viel beträchtlicher ausfällt, so liegt in diesem Versuche der Beweis, *dafs die negative Veränderung des Kupfers in destillirtem Wasser viel unbeträchtlicher ist, als die des Platins.* — Obgleich ganz genaue Maafse nicht zu erlangen sind, so schien mir doch auch bei den übrigen, in §. 18 genannten Metallen die Stärke der Ströme, welche durch die elektronegative Veränderung, die sie im destillirten Wasser erleiden, hervorgehen, unverkennbar dieselbe Ordnung zu befolgen, welche in Hinsicht der Gröfse des dadurch zugleich entstehenden Uebergangswiderstandes stattfindet, so dafs ich überzeugt bin, *dafs der Leitungswiderstand des Ueberzugs um so gröfser ist, je beträchtlicher seine Elektronegativität die des unveränderten Metalles übertrifft.*

§. 20. *Zinndrähte*, welche ich bei Versuchen in nicht ganz reinem Wasser, ungeachtet der mannigfaltigsten Bemühungen, auf keine Weise homogen zu erhalten wufste, konnte ich doch bei gleichzeitigem Eintauchen derselben in reines destillirtes Wasser in der Regel bis 1° oder 2°, und häufig völlig übereinstimmend erhalten.

Der, wie in §. 9 mit Platin und in §. 19 mit Kupfer, unter ganz gleichen Umständen, angestellte Versuch, gab für *Zinndrähte* von nahe gleicher Dimension mit den angewendeten Platin- und Kupferdrähten einen Strom von 9° bis 15°, also stärker, als für Kupfer. Auch in allen übrigen Versuchen verhielt sich das Zinn wie Platin und Kupfer. — Kupfer- und Zinndrähte, wenn sie viele Stunden in reinem destillirten Wasser eingesenkt blieben, verhielten sich nachher gegen frisch gereinigte Drähte noch ganz eben so, wie wenn sie unmittelbar vorher wären eingesenkt worden. Es ist dies ein Beweis, *dafs Kupfer und Zinn in reinem destillirten Was-*

*ser nicht chemisch angegriffen werden*, wie diels auch v. Bonnsdorf schon auf anderem Wege für Kupfer wahrscheinlich gemacht hat.

§. 21. Ich habe schon in §. 12. gezeigt, dafs auch Eisen in destillirtem Wasser *elektronegativ* verändert wird. Dennoch fallen die bisher beschriebenen Versuche, welche für Platin, Gold, Silber, Kupfer und Zinn die gleichen Resultate geben, mit *Eisen* wiederholt, keineswegs in gleicher Weise aus. Wird in Versuch I §. 9 von zwei frisch gereinigten Eisendrähten Draht *b* so rasch als möglich unmittelbar nach *a* in destillirtes Wasser eingesenkt, so ist *b* positiv gegen *a*. Der Strom ist also so, wie man ihn, weil Eisen negativ verändert wird, erwarten mufs. Wartet man jedoch einige Secunden, nachdem *a* eingesenkt ist, so ist kaum ein *regelmässiger* Strom zu bemerken; bald ist *b* positiv, bald mehr oder weniger negativ gegen *a*; je nach der Zeitdifferenz des Eintauchens und der Behendigkeit, mit welcher das Eintauchen des zweiten Drahtes geschieht. Ist aber die Oxydation und theilweise Auflösung des Eisens schon eingetreten, so ist dasselbe bereits mit einer unendlich dünnen Schicht veränderter Flüssigkeit in Berührung, und es tritt nun ganz das ein, was man in Säuren und Salzlösungen bemerkt, nämlich der früher eingetauchte Draht, obwohl an sich *negativ* verändert, erscheint gegen den später eingetauchten *positiv*. — Sind zwei Eisendrähte eingetaucht, und es wird einer derselben nur leise erschüttelt, so entsteht sogleich ein Strom, und der erschüttelte Draht ist *negativ* gegen den nicht erschütterten. Wartet man längere Zeit, so werden die durch Erschütterung entstehenden Ströme sehr kräftig, und ihre Ursache wird im strengsten Sinne des Wortes sichtbar. Es überziehen sich nämlich die beiden Drähte mit auflöslichem Eisenoxydhydrat, welches in wolligen Krystallgruppen den Eisendraht bedeckt. Durch Erschütterung fallen einzelne Schuppen ab, und entblöfsen die darun-



ter liegende glänzende Metallfläche für die weitere Einwirkung des Wassers. Auch wird die mit dem Eisen in Berührung gewesene veränderte Flüssigkeitsschicht durch Erschütterung theilweise entfernt. Ja dieses Abfallen von Schuppen geschieht auf sichtbare Weise ohne alle Erschütterung von Zeit zu Zeit von selbst; dabei macht die Nadel plötzliche Sprünge, und in der That kommt die Nadel bei zwei Eisendrähten, welche in das Wasser eingetaucht sind, *nie* zu dauernder Einstellung. Die richtige Beurtheilung dieser Versuche scheint mir den Fundamental-Erklärungsgrund für alle die sonderbaren und scheinbar widersprechenden Ströme zu enthalten, welche bei ungleichzeitigem Eintauchen homogener Drähte in saure, alkalische oder Salzlösungen entstehen, wie ich weiterhin zeigen werde. — Diese Versuche beweisen nämlich, daß das destillirte Wasser im *ersten Moment* auf das Eisen die nämliche Wirkung hervorbringt, als auf Platin, Kupfer, Zink etc.; es entsteht ein veränderter, schlechtleitender und gegen das Eisen selbst elektronegativer Ueberzug. Bei den edlen Metallen und Zinn ist mit der Bildung dieses Ueberzugs jede weitere Einwirkung des Wassers beendet. Beim Eisen aber beginnt nun in den *nachfolgenden Momenten die chemische Action*. Das so durch Wasser veränderte Eisen wird auf Kosten des in Wasser aufgelösten Sauerstoffs der Luft in Eisenoxydhydrat verwandelt, welches sich krystallinisch aus dem Ueberzuge ausscheidet, und die darunter liegende Metallfläche erst dann für die weitere Einwirkung des Wassers wieder entblößt, wenn es aufgelöst ist, oder abfällt. Es können dabei natürlich an der Oberfläche innerhalb der Flüssigkeit in Folge ungleicher Gruppierung der Krystalle secundäre Ströme entstehen, welche eine wirkliche Wasserzersetzung und dabei beschleunigte Oxydation erzeugen. Sobald diese chemische Action eingetreten ist, ist die Oberfläche des Metalls gegen *unverändertes Eisen*, wie aus §. 12 hervor-

geht, zwar elektronegativ verändert; sie ist aber, wie die obigen Versuche lehren, *weniger* elektronegativ, als der durch das Wasser im ersten Moment erzeugte Ueberzug, ehe die chemische Action, welche durch diesen Ueberzug vorbereitet wird, eingetreten ist. — Gleich wie beim Zusammengießen verschiedener Salzlösungen oft erst nach einigen Momenten ihrer Mischung ein *Niederschlag* sich auszuschcheiden anfängt, so, denke ich mir, beginnt die Ausscheidung des Eisenoxydhydrats auch erst nach einigen Momenten der Bildung des Ueberzugs, der in gleicher Weise auf der Oberfläche der edeln Metalle im destillirten Wasser entsteht. — Wir haben eine *primäre* Action: diese ist die Bildung des Ueberzugs, der auch bei den edeln Metallen entsteht; und eine *secundäre* Action: diese ist der *nachfolgende chemische Angriff*.

§. 22. Dasselbe, was hier vom *Eisen* gesagt ist, gilt auch in analoger Weise vom *Zink* und *Blei*. Obgleich mir, ungeachtet mancher Stunde Zeit, die ich darauf verwendet habe, nie gelungen ist, zwei Zinkdrähte oder zwei Bleidrähte während der Dauer mehrerer Versuche homogen zu erhalten, und obgleich der Mangel an Homogenität (der darin erkannt wird, daß die Nadel, wenn sie zur Ruhe kommt, sich nicht sogleich einstellt) meist von größerer Wirkung ist, als der durch das ungleichzeitige Eintauchen entstehende Strom, so konnte ich doch durch eine sehr *häufige* Wiederholung gleichartiger Versuche die zufälligen Unregelmäßigkeiten in sofern eliminiren, als sich erkennen liefs, daß die *Mehrzahl* der Ausweichungen der Nadel im entsprechenden Sinne geschah, wie beim Eisen.

§. 23. Zinkdrähte in einem bedeckten Gefäße in destillirtes Wasser längere Zeit eingetaucht, lassen die Magnetnadel zur Einstellung kommen, und überziehen sich mit Zinkoxydhydrat, welches sich gruppenweise in Form von kleinen Nadeln auf der Oberfläche ansetzt.

Durch Erschütterung eines Drahtes werden einzelne Flokken oder Nadeln von Zinkoxydhydrat abgerissen; es wird die dadurch entblößte Metallfläche der Einwirkung des Wassers neuerdings ausgesetzt, und es ist daher, wie beim Eisen, ein so erschütterter Draht *negativ* gegen den ruhenden; der Strom kann bei den angegebenen Dimensionen bis auf  $20^{\circ}$  gehen. Dieser letztere Versuch gelingt eben so mit constantem Erfolg auch beim Blei.

§. 24. Sind zwei Eisendrähte eingetaucht, und man hebt *b* aus, und hält denselben einige Augenblicke benetzt an die Luft, so ist beim Wiedereinsenken *b negativ* gegen *a*. Der Strom ist  $5^{\circ}$  bis  $8^{\circ}$ . Dieser Versuch kann abwechselnd mit beiden Drähten wiederholt werden, so oft man will. Auch hier scheint nicht nur eine beschleunigte Oxydation, sondern wie bei Platin und Kupfer eine durch die Luft verursachte Veränderung des Ueberzugs die Ursache des Stroms zu seyn. Dasselbe ist bei Zink der Fall. Am stärksten negativ verhält sich ein Eisendraht, welcher in destillirtes Wasser getaucht und dann mit Papier, Leinen oder Tuch getrocknet wurde; er kann dabei sehr kräftig abgerieben werden, dennoch zeigt sich seine Oberfläche sehr stark negativ verändert. Der auf Eisen im destillirten Wasser entstehende Ueberzug verschwindet also *nicht* durch *Trockenwerden* oder *Abwischen*, wie wir dieß von dem auf Platin und Kupfer entstehenden bemerkt haben.

§. 25. Fasse ich die Resultate dieser, die Ströme durch ungleichzeitiges Eintauchen homogener Metalle in destillirtes Wasser betreffenden Versuche zusammen, so sind sie folgende:

- I. *Alle Metalle werden durch Benetzung mit destillirtem Wasser elektronegativ verändert, indem in den ersten Momenten ihrer Benetzung ein schlecht leitender Ueberzug entsteht, welcher die Ursache des Uebergangswiderstands ist.*

- II. *Der Leitungswiderstand dieses Ueberzugs ist um so gröfser, je beträchtlicher die von ihm herrührende negative Veränderung des Metalls ist.*
- III. *Bei den edlen Metallen und bei Zinn ist die Wirkung des Wassers mit der Bildung dieses Ueberzugs vollendet.*
- IV. *Bei Eisen, Zink, Blei etc. geht die Bildung dieses Ueberzuges jeder chemischen Action voraus. Diese Metalle sind daher nach dem ersten Moment des Eintauchens negativer, als in den nachfolgenden. Der Ueberzug verschwindet wieder und bildet sich wieder neu nach Maafsgabe der fortschreitenden chemischen Einwirkung.*

Versuche mit anderen Flüssigkeiten.

§. 26. Ich habe bereits zahlreiche ähnliche Versuche mit anderen Flüssigkeiten, besonders Schwefelsäure und Salpetersäure, angestellt, und dabei im Allgemeinen ganz analoge Resultate erhalten. Alle Metalle werden in Schwefelsäure und Salpetersäure *negativ* verändert. Platin giebt darin ganz dieselben, nur vergrößerte Ströme, wie im destillirten Wasser. Diejenigen Metalle aber, welche chemisch angegriffen werden, geben in der Regel dieselben Ströme, wie Eisen in destillirtem Wasser. Da die Art des chemischen Angriffs jedoch stürmischer und zusammengesetzter ist, so ist es viel schwerer, bei Wiederholungen constante Ablenkungen der Magnetnadel zu erhalten, und es treten bei einzelnen Metallen eine Menge von Particular-Erscheinungen ein, welche nicht selten Curiosa genannt zu werden verdienen, und da sie mit der besonderen Art des chemischen Angriffs etc. wesentlich zusammenhängen, ein ganz specielles Studium erforderlich machen. Es ist daher unvermeidlich, die Ströme durch ungleichzeitiges Eintauchen für *jede Flüssigkeit* einer besonderen und eben so ausführlichen Untersuchung zu unterwerfen, als ich dies für den einfachen

fachsten Fall, nämlich bei destillirtem Wasser, gethan habe. Indem ich mir die Fortsetzung dieser Mittheilung für andere Flüssigkeiten vorbehalte, will ich hier nur, um die allgemeine Bedeutung der im vorigen Paragraph ausgesprochenen Resultate verständlich zu machen, bei einem Beispiele, nämlich dem Verhalten des Kupfers zur Schwefelsäure, verweilen.

§. 27. Die Versuche sind mit Schwefelsäure vom specifischen Gewicht 1,843 angestellt: Ist Draht *a* eingetaucht, so ist Draht *b*, frisch gereinigt, sehr kräftig *negativ* gegen *a*. Die Nadel würde, wenn sie nicht gehemmt wäre, im Kreise herumgeschleudert. Es giebt jedoch eine Geschwindigkeit, indem man Draht *b* nur einen Moment mit der Spitze in die Säure taucht und unmittelbar, so rasch wie möglich, wieder aushebt, bei welcher Draht *b* regelmäfsig *positiv* ist. Es entsteht dabei ein schwacher Strom von 3 bis 4 Graden. Hierin liegt ein directer Beweis, dafs der später eingetauchte Draht im ersten Moment *positiv* ist gegen die früher eingetauchten; nämlich, so lange der schlechtleitende Ueberzug noch nicht völlig hergestellt ist. Diefs ist jedoch in weniger als einer Secunde der Fall, und dann ist der so veränderte Draht enorm *negativer*, als der früher eingetauchte, bei welchem der chemische Angriff schon eingetreten ist; daher bei weniger rascher Manipulation der später eingetauchte Draht negativ erscheint. Bei stärker verdünnter Säure findet der Angriff, wie es scheint, viel rascher statt, und es läfst sich daun durch keine Geschwindigkeit mehr das primäre Verhältnifs der beiden Drähte sichtbar machen. Mit concentrirter Säure dagegen gelingt der Versuch viel leichter.

Man kann aus diesem Versuche entnehmen, dafs man überall nach einem solchen primären Verhältnifs wird suchen müssen, wo elektropositivere Metalle in Säuren entgegengesetzt verändert zu werden scheinen, als elektronegative. Meine bisherigen Versuche geben

mir die Ueberzeugung, dafs dies *nie* der Fall ist, sondern dafs in allen Fällen nur die primäre Einwirkung durch eine kräftigere secundäre verhüllt und unsichtbar gemacht wird, wenn ein Metall in einer Flüssigkeit chemisch angegriffen wird.

#### Schlussbetrachtung.

§. 28. Durch das Vorhergehende, in Verbindung mit zahlreichen Versuchen in anderen Flüssigkeiten, auf die ich ein ander Mal zurückkommen werde, bin ich zu folgenden Ueberzeugungen geführt:

*I. So oft ein Metall von einer Flüssigkeit benetzt wird, bildet sich ein schlechtleitender, elektromotorisch veränderter Ueberzug.*

*II. Wird das Metall von der betreffenden Flüssigkeit nicht chemisch angegriffen, so hat es hiebei sein Bewenden, und der entstandene Ueberzug wirkt wie ein Firniss, und ist die Ursache des Uebergangswiderstandes.*

*III. Findet ein chemischer Angriff statt, so geht ihm gleichwohl die Bildung jenes Ueberzugs voraus. Derselbe ist die Bedingung der nachfolgenden chemischen Action.*

*IV. Wenn in einer Flüssigkeit das elektronegativste Metall negativ verändert wird, so werden alle Metalle in dieser Flüssigkeit primär negativ verändert. Und umgekehrt: Wird in einer Flüssigkeit das elektropositivste Metall positiv verändert, so werden alle Metalle in dieser Flüssigkeit primär positiv verändert.*

§. 29. Die Thatsache der Bildung dieser Ueberzüge bietet ein sehr ausgebreitetes Interesse dar, und scheint einen Weg anzubahnen, auf welchem eine Menge bisher unzusammenhängender Erscheinungen, als von derselben allgemeinen Ursache herrührend, erkannt werden können. Wenn hiebei auch manches noch hypothetisch

seyn mag, so werden die Betrachtungen, die ich in dieser Beziehung seit längerer Zeit angestellt habe, doch vielleicht einer späteren Bekanntmachung nicht unwerth seyn; ich will hier zum Schlusse nur erwähnen, dafs mir unter anderem, namentlich von der Bildung der genannten Ueberzüge abzuhängen scheinen:

- 1) Die Mehrzahl aller der Wirkungen, welche man bisher unter den Begriff der *katalytischen* Kraft gereiht hat.
- 2) Die Phänomene der *Ladung* und *Polarisation* der festen Leiter durch galvanische Ströme.
- 3) Die Absorption von Gasarten durch poröse Körper, namentlich Kohle, das Erglühen mancher Pyrophore etc.
- 4) Die Phänomene der *Capillarität*, und viele andere Erscheinungen.

Noch sey mir die Bemerkung erlaubt, dafs diejenigen, welche die mitgetheilten Versuche prüfen und wiederholen wollen, sich nothwendig in den Besitz eines eben so empfindlichen Galvanometers setzen müssen, als der beschriebene. Ich kann zur Ausführung solcher Instrumente mit Vergnügen meinen ehemaligen Mechanicus, Hrn. Kauffmann, zu Solothurn in der Schweiz, empfehlen.

Mannheim, den 17. Juli 1841.

## VII. Ueber elektro-dynamische Induction; von J. Henry.

Prof. der Physik am College von New-Jersey, Princeton.

(Fortsetzung der im Ergänzungsbande, S. 282, mitgetheilten Untersuchung; auch unter dem allgemeineren Titel: Beiträge zur Elektricität und zum Magnetismus, No. IV. — Freier Auszug aus den *Phil. Mag. Ser. III Vol. XVIII* p. 482.)

Die nachstehenden Versuche wurden zur Vervollständigung der früheren angestellt, größtentheils mit den damals angewandten Apparaten, nämlich mehren Gewinden von Kupferstreifen (Kupferband) und Kupferdraht. Erstere sollen auch hier Gewinde (*coils*), letztere Rollen (*helix*) heißen. Außerdem wurde eine Daniell'sche Kette von dreißig Elementen angewandt. Jedes derselben bestand aus einem hohlen Kupfercylinder von 5,5 Zoll Höhe und 3,5 Z. Durchmesser, und einer Zinkstange von gleicher Höhe und 1 Zoll Durchmesser, die, innerhalb eines irdenen Gefäßes, durch eine Membran getrennt waren. Zu beiden Seiten der Membran befand sich ein Gemisch von 1 Th. Schwefelsäure mit 10 Th. Wasser, welchem auf Seite des Kupfers so viel Kupfervitriol zugesetzt worden, als sich auflösen wollte (der Zusatz der Säure auf Seite des Kupfers kann schwerlich vortheilhaft seyn. *P.*). Von Galvanometern wurden zwei angewandt, das eine mit 500 Windungen eines sehr dünnen Kupferdrahts, und das andere mit 40 Windungen eines dickeren. Die mit den Drahtrollen zu verknüpfende Magnetisirungsspirale bestand aus einem langen dünnen Draht, der um ein hohles Stück Stroh von  $2\frac{1}{2}$  Zoll Länge 100 Windungen machte. Die mit den Kupferbandgewinden zu verknüpfende Spirale war ähnlich construiert, aber nur aus 20 Windungen.



### I. Induction beim Beginn eines galvanischen Stroms.

In den früheren Versuchen konnte mit einem galvanischen Strom nur beim Oeffnen der Kette eine kräftige Induction erhalten werden; beim Oeffnen war sie sehr schwach, kaum wahrnehmbar. Es war dabei eine einfache Kette angewandt; statt ihrer wurde nun die erwähnte Batterie genommen. Zum Schliessen derselben diente ein Kupferbandgewinde von 60 Fufs Länge, und, zur Aufnahme der Induction, eine Rolle von 1660 Ellen (*Yards*) dünnen Kupferdrahts, ganz wie es in Fig. 8 Taf. IV des Ergänzungsbandes bereits abgebildet wurde. Quecksilbernäpfe vermittelten die Verbindungen. Mit Hülfe dieser Vorrichtungen ergab sich nun Folgendes.

Mit einem einzigen Elemente war der Schlag beim Oeffnen der Kette stark, beim Schliessen dagegen sehr schwach, nur in den Fingern oder der Zunge fühlbar. Mit zwei, drei u. s. w. Elementen nahm der Schlag beim Schliessen merkbar zu, während der beim Oeffnen dieselbe Stärke behielt oder verhältnißmäfsig wenig zunahm. Mit zehn Elementen war der Schlag beim Schliessen vollkommen dem beim Oeffnen gleich, und mit noch mehr Elementen, z. B. mit allen dreissig, war der erstere Schlag entschieden stärker als der letztere.

Früher glaubte der Verf. aus den mit einer Cruickshank'schen Batterie angestellten Versuchen schliessen zu dürfen, dafs, bei Anwendung eines kurzen Gewindes, der Oeffnungsschlag mit vermehrter Plattenzahl der Batterie abnehme. Die Anwendung der Daniell'schen Batterie überzeugte ihn, dafs diefs Resultat nur aus der Abnahme der Kraft der Batterie hervorgegangen sey, vielmehr, bei constanter Kraft, der Oeffnungsschlag mit vermehrter Plattenzahl nahezu gleiche Stärke behalte.

Bei eben erwähnten Versuchen lag die Inductions-Rolle auf dem Gewinde; beim Heben der Rolle, also

beim Entfernen von dem Gewinde, nahm die Induction ab, bis sie zuletzt unmerklich wurde.

Jetzt wurde der Einfluss der Länge des Gewindes auf den Schließungsschlag ermittelt, und zwar bei einem einzigen Elemente und mit Gewinden von respective 60, 45, 30 u. s. w. Fufs Länge. Im ersten Fall war dieser Schlag sehr schwach, nur in der Zunge wahrnehmbar, mit Verkürzung des Gewindes nahm er zu, und hatte dieser etwa 15 F. Länge, erreichte er sein Maximum.

Bei fernerer Verkürzung des Gewindes nahm er wieder ab, aber nur deshalb, weil dieses alsdann nicht hinlänglich auf die Drahtrolle wirken konnte. Diefs ergab sich daraus, dafs wenn man die Rolle auf eine einzige Windung des Gewindes legte, und den übrigen Theil desselben, der nicht auf die Rolle wirken konnte, verkürzte, mit dieser Verkürzung der Schlag beständig zunahm. Die beim *Schliessen* der Kette erfolgende Induction nimmt also zu mit *Verkürzung* des schließenden Leiters.

Die Induction beim *Oeffnen* der Kette nimmt ab, wenn man bei Gewinden von successiv kleinerer Länge eine und dieselbe Drehrolle anwendet, ebenfalls aber nur, weil dabei die Zahl der auf die Rolle wirkenden Windungen des ersteren abnimmt. Denn als man nur zwei Windungen des Kupferbands auf die Rolle wirken liess, und zugleich andere Gewinde in die Kette einschaltete, deren Länge von 60 bis zu 4 Fufs variirte, konnte in dem Oeffnungsschlag nicht die geringste Veränderung wahrgenommen werden. Die beim *Oeffnen* der Kette erfolgende Induction, wird also durch Veränderung der Länge des schließenden Leiters, wenigstens innerhalb gewisser Gränzen, *nicht wesentlich geändert*.

Mit zehn Elementen und dem 60 F. langen Gewinde war, wie angegeben, der Schließungsschlag dem Oeffnungsschlage gleich. Bei Verlängerung jenes Gewindes nahm der erstere ab und ward zuletzt ganz unwahrnehmbar.

Bei gleichbleibender Länge und Intensität des Stroms, nahm der *Schließungsschlag* mit vermehrter Dicke des Gewindes etwas zu (wodurch aber natürlich die Intensität des Stroms verstärkt wurde. *P.*). Diefs ergab sich aus successiver Anwendung eines einzigen und eines doppelten Gewindes.

Man hat also zwei Wege die Induction beim Schließen der Kette beliebig zu erhöhen, nämlich Erhöhung der Intensität der Elektrizitätsquelle, und Verringerung des Widerstands in der Kette.

Beide Schläge, der beim Schließen und der beim Oeffnen, hängen einigermassen von der Schnelligkeit der Bildung und Aufhebung des Stromes ab. Diefs beweist der Verf. durch folgenden Versuch. Er verbindet die beiden Enden eines Gewindes durch Quecksilbernäpfe mit den Polen der Batterie, und giebt dem Gewinde, etwa sechs Zoll von dem einen Ende, eine hakenförmige Biegung, welche er nach Belieben in den Napf des andern Endes tauchen kann. Wenn diefs geschieht, ist das Gewinde von dem Strome ausgeschlossen, ohne dafs die Kette geöffnet ist, die sich vielmehr dann ganz durch das sechs Zoll lange Stück Kupferband entladet. Als er nun auf diese Weise den Strom abwechselnd und plötzlich zum Gewinde ein- und austreten liefs, ohne die Kette zu öffnen, konnte er von der Inductionsrolle keinen Schlag erhalten, es mochte eine einfache Kette oder eine Batterie angewandt werden.

Die Schwäche des *Schließungsschlages* bei Anwendung einer einfachen Kette und eines langen Gewindes rührt her nicht blofs von dem grofsen Widerstand des letzteren, sondern eben so sehr, wenn nicht hauptsächlich, von dem entgegenwirkenden Einflufs des secundären Stroms, der in dem primären Leiter selbst inducirt wird. Diefs erhellt aus folgendem Versuch.

Die Drahtrolle No. 1 (von 1660 Fufs) wurde auf ein Gewinde von nur drei Windungen Kupferband ge-

legt. Hiemit erhielt man von einer einfachen Kette sowohl beim Oeffnen als beim Schliessen einen Schlag in den Händen. Dann wurden die Gewinde No. 3 und No. 4 (jedes von 60 Fufs Kupferband) zusammengerollt, so dafs ihre Windungen abwechselnd in einander lagen, sie dann in die Kette eingeschaltet, so, dafs sie nicht auf die Rolle wirken konnten. Wenn nun der Strom durch No. 3 geleitet wurde, war beim Schliessen der Schlag kaum wahrnehmbar in den Händen, während der Schlag beim Oeffnen durch die Verlängerung des Leiters nichts oder wenig von seiner Stärke eingebüfst hatte. Jetzt wurden die Enden des Gewindes No. 4 mit einander verbunden, so dafs dieses ein Geschlossenes darstellte. Dann war der Schlag beim Schliessen der Kette fast eben so stark wie bei alleiniger Anwendung des kurzen Leiters. Die Hauptursache der Schwäche des Schlags beim Schliessen der Kette liegt also in der entgegengesetzten Wirkung, die der im Leiter der Kette selbst erzeugte secundäre Strom auf die Drahtrolle ausübt. Der Schlag beim Oeffnen der Kette schien immer derselbe zu seyn, die Enden des Gewindes No. 4 mochten verbunden oder getrennt seyn.

Nachdem so die Umstände, von denen die Induction beim Beginn des galvanischen Stroms abhängt, ermittelt worden waren, schritt der Verfasser zu Versuchen, um die Natur der von dieser Induction hervorgebrachten Wirkungen zu bestimmen. Er suchte demnach durch diese Anfangs-Induction die Ströme verschiedener Ordnungen zu erzeugen, welche er früher mit der End-Induction erhalten hatte. Das gelang auch vollkommen. Mit Leichtigkeit erhielt er Ströme dritter, vierter und fünfter Ordnung. Auch die schützende oder neutralisierende Wirkung einer zwischen zwei auf einander folgende Leiter eingeschobenen Metallscheibe zeigte sich hier wie früher. Kurz alle diese Erscheinungen waren denen bei der End-Induction gleich.

Nun suchte der Verf. bei der Anfangs-Induction auch die Richtung der Ströme verschiedener Ordnung zu bestimmen, und zwar sowohl mittelst der früheren Magnetisirungsspirale (siehe S. 283 der früheren Abhandlung), als mittelst eines Galvanometers. Es ergab sich hiebei, daß die Nadel des Galvanometers nur von den secundären Strömen zweiter Ordnung kräftig abgelenkt wurde, von denen dritter, vierter und fünfter Ordnung aber nur sehr schwach. Die durch sie angezeigte Richtung der Ströme stimmte indess mit der von der Magnetisirungsspirale angegebenen überein.

Auf beiden Wegen bestätigte sich für die Richtung dieser secundären Ströme das von Faraday entdeckte Gesetz, daß sie bei jedem Strom die umgekehrte ist von der des Stroms der vorhergehenden Ordnung. Man hat demnach aus diesen und den früheren Versuchen für die Richtung der Ströme folgendes Resultat:

	Beim Beginn.	Beim Ende.
Primärer Strom	+	+
Secundärer Strom	—	+
Strom dritter Ordnung	+	—
Strom vierter Ordnung	—	+
Strom fünfter Ordnung	+	—

Im Laufe der in diesem Abschnitt beschriebenen Versuche fand der Verfasser, daß man auch ohne ein Kupferbandgewinde einen Schlag beim Schliessen erhalten kann, wenn man einer Batterie von etwa zehn Elementen eine Kreisgestalt giebt und innerhalb desselben die Drabtrolle anbringt. Beim Schliessen ist der Schlag in den Händen fühlbar, beim Oeffnen kaum in der Zunge.

In der zweiten Nummer meiner Beiträge habe ich gezeigt, daß man, wenn man seinen Körper in eine Kette von 120 Elementen einschaltet, bei der Fortdauer des Stroms, eine prickelnde Empfindung bekommt, die aber sogleich in einen Schlag übergeht, so wie man die Bat-

terie öffnet. Offenbar rührt dies von einem secundären Strom her, der in der Batterie selbst inducirt wird, und dadurch erklären sich die merkwürdigen physiologischen Wirkungen, die Dr. Ure an dem Leichnam (*body*) eines Missethätters beobachtete, der in eine Batterie eingeschaltet war, welche durch eine Vorrichtung rasch hinter einander öfters geöffnet wurde.

Der Verf. glaubt auch, daß die intensiven Schläge der elektrischen Fische von einem secundären Strom herkommen, und daß der ausgebildete Nerven-Apparat dieser Thiere den Dienst eines langen Leiters verrichte, eine Meinung, die auch Hr. Masson ausgesprochen hat.

Endlich bemerkt der Verf. noch, daß er den früher (S. 291 der älteren Abh.) beschriebenen Versuch über die Induction in die Ferne seitdem in noch größerem Maassstabe wiederholt habe. Er vereinigte all seinen Kupferband zu einem Leiter von 400 Fufs Länge, rollte ihn zu einem Ringe von 5,5 Fufs Durchmesser auf, und hängte diesen Ring an eine Flügelthür, welche das Laboratorium von dem Hörsale trennte. An der andern Seite der Thüre, in dem Hörsale, jenem Ringe gegenüber, bildete er aus Kupferdraht von  $\frac{1}{16}$  Zoll Dicke und der Länge einer engl. Meile ein Gewinde (*hoop*), und verband den Kupferbandring mit einer Batterie von acht Elementen, die zusammen 147 Quadratfufs Zink enthielten. Mit dieser Vorrichtung erhielt er noch, bei sieben Fufs Abstand zwischen beiden Leitern, einen Schlag in der Zunge, und bei zwei bis vier Fufs Abstand war derselbe ganz schmerzhaft. Der Versuch war besonders interessant, wenn die Induction durch mehre in einer Reihe stehende Personen geleitet wurde.

## II. Von scheinbar zwei Arten elektrodynamischer Induction.

Zu der in diesem Abschnitt beschriebenen Untersuchung wurde der Verf. durch den Umstand veranlaßt,

dafs, während nach seiner Erfahrung eine Metallscheibe, die zwischen das einen galvanischen Strom leitende Gewinde und die zur Aufnahme der Induction bestimmte Drahtrolle eingeschaltet worden, den Schlag vom secundären Strom fast gänzlich aufhebt (S. s. frühere Abhandl. S. 292), andererseits Faraday in seiner 14. Reihe (S. Ergänzungsband, §. 1723) angiebt, es mache keinen Unterschied, ob der Raum zwischen den beiden Leitern von isolirenden Körpern, wie Luft, Schwefel und Schellack, oder von leitenden Körpern, wie Kupfer und andern nicht magnetischen Metallen angenommen werde <sup>1)</sup>).

Beim Nachdenken über diesen Widerspruch fiel dem Verf. ein, es möge sich wohl die Induction auf solche Weise hervorbringen lassen, dafs sie nicht durch die Dazwischensetzung der Metallplatte verändert werde. Gesetzt es befinde sich ein aufrechter Magnetstab unter der Mitte einer Kupferplatte, und man nähere dieser von oben her plötzlich eine Drahtrolle, so werde in dieser ein inducirter Strom erregt, weil sie nicht durch die Kupferplatte vor dem magnetischen Einflufs geschützt sey. Der Verf. fand diese Vermuthung durch einen derartigen Versuch gerechtfertigt, wobei er nur, statt des Magnetstabes, ein Kupferbandgewinde nahm, welches er von einem galvanischen Strom durchlaufen liefs. Als die Drahtrolle rasch zur Platte herab bewegt ward, schwang die Nadel des mit der Kette verbundenen Galvanometers in der einen Richtung, beim Heben in der andern. Der Betrag der Ablenkung war derselbe, die Platte mochte zwischen Gewinde und Drahtrolle eingeschaltet seyn oder nicht.

Bei diesem Versuch blieb die Platte in Ruhe; sie

1) Die in diesem Abschnitt beschriebenen Resultate fallen, wie man sieht, in der Hauptsache mit denen zusammen, die Prof. Dove im Oct. 1839 der Academie vorlegte. (S. Ann. Bd. XXXXIX S. 72.)

nahm also nicht Theil an der durch die Bewegung der Rolle erzeugten Induction. Der Verf. erwartete ein entgegengesetztes Resultat zu finden, wenn er die Platte zugleich mit der Rolle auf- und abbewegen würde. Als er aber den Versuch so anstellte, fand er, daß die Bewegung der Nadel gerade eben so groß war, wie wenn er die Drahtrolle allein bewegte.

Dieses unerwartete und merkwürdige Resultat veranlaßte den Verfasser den Versuch mehrfach abzuändern.

Zunächst schaltete er statt der Platte ein Kupferbandgewinde ein; doch dieses mochte in Ruhe bleiben oder bewegt werden, seine Enden getrennt oder verbunden seyn, so war die Wirkung auf die Galvanometernadel doch stets dieselbe. Von einem schirmenden Einfluß war nicht das Mindeste wahrzunehmen, während die früheren Versuche ergeben hatten, daß ein Gewinde besser schirmte als eine Platte (a. a. O. S. 294).

Hierauf erregte er, während sonst Alles ungeändert blieb, dadurch inducirte Ströme in der Rolle, daß er die mit dem Gewinde verbundene Batterie auf und ab in der Säure bewegte. Allein auch jetzt war die Wirkung auf die Nadel dieselbe, die Platte oder das Gewinde mochte eingeschaltet seyn oder nicht.

Der Versuch wurde auch mit Magneto-Elektricität wiederholt. Zu dem Ende wickelte er etwa 40 Fufs eines mit Seide übersponnenen Kupferdrahts auf eine kurze Rolle steifen Papiers, stecke einen hohlen Cylinder von Kupferblech hinein, und in diesen wieder einen kurzen Stab von weichem Eisen. Wenn er diesen Stab durch plötzliche Berührung seiner Enden mit den entgegengesetzten Polen zweier Magnete magnetisirte, mußte in dem Draht ein Strom entstehen. Dieser Strom wirkte nun in gleicher Stärke auf die Galvanometernadel, der Kupferblechcylinder mochte eingeschoben seyn oder nicht.

Den letzteren Versuch änderte er auch dahin ab, daß er zwei Kupferdrähte von gleicher Länge um die



Mitte des Ankers eines Hufmagneten wickelte, die Enden des innern herausragen liefs und die des andern mit einem Galvanometer verband. Als er nun durch Abziehen des Ankers vom Magnet einen Strom erregte, fand sich, dafs die Wirkung auf das Galvanometer nicht im Mindesten geschwächt war, wenn er die Enden des innern Drahts mit einander verbunden hatte.

Auf dem ersten Blick könnte es scheinen, dafs alle diese Resultate im Widerspruch ständen mit denen, welche der Verfasser früher über die Wirkung dazwischengesetzter Gewinde und Metallplatten erhielt. Allein man mufs erwägen, dafs bei den gegenwärtigen Versuchen die inducirten Ströme nicht den früher beschriebenen gleich waren. Sie alle wurden durch Bewegung hervorgebracht, und hatten eine merkliche Dauer, hielten an, so lange die Bewegung dauerte. Sie waren auch von geringer Intensität, in dem Grade, dafs er, bei keiner Einrichtung des Apparats, einen Schlag von Strömen dieser Art erhalten konnte. Andererseits haben die Ströme, welche durch *plötzliches* Schliessen und Oeffnen einer galvanischen Kette entstehen, eine bedeutende Intensität und eine nur augenblickliche Dauer. Durch diese und andere noch zu erwähnende Thatsachen ward der Verf. zu der Annahme geführt, dafs es zwei Arten von elektrodynamischer Induction gebe, eine, welche durch Einschaltung einer Metallplatte zwischen die Leiter neutralisirt werden kann, und die andere nicht.

In Folge dieser Vermuthung hielt der Verf. es für wichtig, alle Erscheinungen der Induction bei plötzlichem Schliessen und Oeffnen einer galvanischen Kette einer abermaligen Prüfung zu unterwerfen <sup>1)</sup>. Er bemerkt dabei zuvörderst, als ein seitdem von ihm gefundenes Resultat, dafs, wiewohl das Galvanometer und die Magnetisirungsspirale in ihren Angaben über die Richtung des Stromes übereinstimmen, doch diefs in Bezug auf

1) S. Annal. Ergänzungsband, S. 282.

Intensität der Wirkung nicht der Fall sey. Wenn z. B. der Apparat so vorgerichtet ward, daß die Induction beim Schliessen der Batterie entweder so schwach war, daß sie der Nadel nicht den geringsten Magnetismus ertheilte, oder so stark, daß sie dieselbe bis zur Sättigung magnetisirte, war die Angabe des Galvanometers in beiden Fällen gleich.

Aehnliches ergab sich in dem Vergleich des Schlages mit den Ablenkungen des Galvanometers. Bei einem Versuche z. B. war der Schlag beim Schliessen so schwach, daß er kaum in den Fingern verspürt werden konnte, und beim Oeffnen der Kette so stark, daß er bis in die Brust zu fühlen war, und doch wich die Galvanometernadel in beiden Fällen um gleich viel, 35 Grade, ab, im ersten nach der Linken, im andern nach der Rechten.

Bei einem andern Versuch, mit demselben Apparat wie zuvor, wurden die Magnetisirungsspirale und das Galvanometer zugleich in die Drahtrolle eingeschaltet. Beim Schliessen der Batterie zeigte eine in die Spirale geschobene Nähnadel keine Anzeige von Magnetismus, obwohl das Galvanometer um 30 Grade abgelenkt ward. Nach Oeffnen der Kette fand sich die wieder hineingeschobene Nadel stark magnetisirt, während das Galvanometer wieder 30° abwich, nur in entgegengesetzter Richtung.

Aehnliche Erscheinungen zeigten sich, wenn der Apparat so vorgerichtet ward, daß die Induction beim Beginn des Stromes vorwalten mußte. Beim Schliessen und Oeffnen der Kette war dann die Wirkung auf das Galvanometer noch nahe gleich, oder jede Verschiedenheit liefs sich auf eine Veränderung in der Kraft der Batterie, während des Versuches, zurückführen.

Eine andere wichtige Thatsache dieser Art ist die schon erwähnte, daß die Ströme dritter, vierter und fünfter Ordnung, verglichen mit denen zweiter Ordnung, sehr wenig auf das Galvanometer wirken; diefs rührt nicht

allein von abnehmender Stärke der successiven Inductionen her, wie aus folgendem Versuch erhellen wird.

Durch Vergrößerung des Abstandes der Drahtrolle über dem Gewinde wurde der secundäre Strom so geschwächt, daß er schwächer war als ein anderer, tertiärer. Dennoch lenkte der secundäre Strom die Galvanometernadel um  $25^{\circ}$  ab, die tertiäre kaum mehr als um einen. Noch schwächer lenkten die Ströme vierter und fünfter Ordnung ab.

Hiedurch veranlaßt, wiederholte der Verf. einige seiner früheren Versuche mit Abänderungen, und beobachtete Folgendes; Wenn die Batterie von zehn Elementen mit dem Gewinde No. 1 verbunden war, erhielt er, sowohl beim Schließen als beim Oeffnen, von der Drahtrolle sehr schmerzhaft Schläge, und diese wurden, wie gewöhnlich, durch Einschaltung einer Zinkplatte fast ganz neutralisirt. Brachte er nun, statt seines Körpers, ein Galvanometer in die Kette, so waren dessen Angaben immer gleich, die Platte mochte eingeschaltet seyn oder nicht.

Aehnliches beobachtete er, wenn Galvanometer und Magnetisirungsspirale zugleich in die Kette eingeschaltet waren. Die Einschaltung der Platte vernichtete die magnetisirende Wirkung der Spirale auf angelassenen Stahl gänzlich, während sie die Ablenkungen der Galvanometernadel unangefochten liefs.

Um die hieher gehörigen Thatsachen zu vermehren, änderte der Verf. die letzten Versuche noch verschiedentlich ab. Zunächst brachte er in die Magnetisirungsspirale, statt der harten Stahlnadel, eine von weichem Eisen, und, fast in Berührung mit ihren Enden, eine kleine Menge Eisenfeilicht. Bei Einschaltung der Platten wurden nun die Eisentheilchen von der Nadel angezogen, zum Beweise, daß ein schwacher Magnetismus temporär entwickelt worden war. Der Strom also, der die Nadel bewegt und nicht durch die eingeschaltete

Platte neutralisirt wird, magnetisirt auch weiches Eisen schwach, aber nicht harten Stahl.

Als statt der Zinkplatte eine gusseiserne Platte von derselben Gröfse, aber halber Dicke, eingeschaltet wurde, zeigte sich die Magnetisirungskraft der Spirale in Bezug auf angelassenen Stahl neutralisirt und auch die Wirkung auf das Galvanometer sehr verringert.

Hierauf wurden zugleich das Galvanometer, die Magnetisirungsspirale und ein Tropfen destillirten Wassers in die Drahtrolle No. 1 eingeschaltet. Dann war die Magnetisirungskraft der Spirale noch dieselbe wie ohne Wasser; allein die Ablenkung der Galvanometernadel war von 10 auf 4 Grade herabgesunken. Jetzt schaltete der Verf. auch noch seinen Körper in denselben Bogen ein; nun waren die Schläge sehr schmerzhaft, die Spirale magnetisirte Nadeln stark, allein das Galvanometer bewegte sich noch weniger als zuvor. Der schwache Strom, welcher in diesen Fällen die Nadel ablenkt, war durch die unvollkommene Leitungsfähigkeit des Wassers und des Körpers theilweis aufgehoben.

Um die Resultate dieser Versuche mit noch mehr Genauigkeit darzuthun, nahm nun der Verf. einen ähnlichen Apparat wie Faraday in der 14. Reihe seiner Untersuchungen beschrieben hat <sup>1)</sup>, nämlich ein Doppel-Galvanometer, mit zwei Drähten von gleicher Länge und Dicke um denselben Rahmen gewickelt, und auch eine doppelte Magnetisirungsspirale, bestehend aus zwei gleichen, um Einen Strohhalm gewickelten Draht. Das Gewinde No. 1, verbunden mit der Batterie, stand senkrecht auf einem Tisch, und die Gewinde No. 3 und 4 waren, zu beiden Seiten, ihm parallel aufgestellt, um die Induction zu empfangen. Die Enden dieser Gewinde waren solchergestalt mit denen des Galvanometers und der Spirale verbunden, dafs der inducirte Strom des einen Ge-  
win-

1) S. Annal. Ergänzungsband, S. 269 §. 1720.

windes die beiden Instrumente in entgegengesetzter Richtung durchlaufen mußte, als der des andern. Die beiden seitlichen Gewinde waren, durch Ab- und Zurücken von dem mittleren Gewinde so ajustirt, daß die inducirten Ströme einander in beiden Instrumenten vollkommen aufhoben, also die Nadel des Galvanometers, und die in der Spirale beim Schließsen und Oeffnen der Batterie keine Einwirkung erlitten.

Mittelst dieser empfindlichen Vorrichtung liefs sich der geringste Unterschied in der Wirkung der beiden Ströme wahrnehmbar machen. Als nun eine Zinkplatte zwischen das mittlere und eins der seitlichen Gewinde eingeschaltet wurde, blieb die Galvanometernadel noch vollkommen ruhig, während die Nadel in der Spirale stark magnetisirt wurde. Als jedoch, statt der Zinkplatte, eine Eisenplatte eingeschoben ward, erlitt auch die Galvanometernadel eine Einwirkung.

Aus obigen Resultaten würde hervorgehen, schließt der Verf., daß die secundären Ströme, welche im Moment des Anfangs oder Endes eines galvanischen Stroms, beim Schließsen und Oeffnen der Kette, erzeugt werden, aus zwei Theilen bestehen, welche mit verschiedenen Eigenschaften begabt sind. Die einen, von geringer Intensität, können durch einen Tropfen Wasser unterbrochen werden, magnetisiren gehärtete Stahlnadeln nicht, und werden durch Einschaltung einer Metallplatte zwischen die Leiter, ausgenommen eine Eisenplatte, aufgefangen. Die anderen sind von bedeutender Intensität, werden nicht durch einen Tropfen Wasser aufgefangen, entwickeln Magnetismus im gehärteten Stahl, geben Schläge und werden durch ein geschlossenes Kupfergewinde oder durch eine Platte von irgend einem Metall neutralisirt. Der inducirte Strom, welcher durch Nähern und Entfernen eines Leiters, in Bezug auf einen Batteriestrom, entsteht, so wie der, welcher durch Auf- und Abbewegen einer Batterie, in der Säure, erregt wird, gehören zu der

ersten Klasse, wogegen die Ströme dritter, vierter und fünfter Ordnung fast ausschliesslich die Eigenschaften der zweiten Klasse besitzen.

[Vorstehender Auszug enthält den thatsächlichen Theil der Abhandlung, die der Verfasser im October 1839 der amerikanischen Gesellschaft mittheilte; eine, etwas gedehnte, theoretische Betrachtung, welche derselbe später hinzufügte, soll, erforderlichenfalls, den Lesern in der Folge werden. P.]

### VIII. *Ueber einige vermeintliche Gestalten des Blitzes; von Michael Faraday.*

(*Phil. Magaz. Ser. III Vol. XIX p. 104.* — Aus einem Briefe an die Herausgeber dieser Zeitschrift.)

Wenn sich an einem heiteren oder nicht bezogenen Himmel Gewitterwolken in der Ferne bilden, so bieten diese Wolken und die Beleuchtungen derselben durch den Blitz dem Beobachter ein prachtvolles Schauspiel dar, und das, was er oft für einen zackigen Blitz (*forked lightning*) hält (d. h. für einen wirklichen Blitz, und nicht für einen Widerschein desselben), scheint die Wolken in der schönsten Weise zu durchlaufen. Diefs war der Fall mit dem Gewitter am Abend des 27. Mai d. J., welches ich in London um 9 Uhr im Westen beobachtete, als die Wolken 20 engl. Meilen und weiter entfernt seyn mochten. Dasselbe Schauspiel habe ich öfters von unseren Südküsten aus über dem Meere gesehen. In vielen dieser Fälle ist das, was man für die elektrische Entladung nimmt, nur der beleuchtete Rand einer Wolke, hinter welcher die Entladung stattfand, ähnlich, wie eine dunkle, scharf begränzte Wolke sich oft mit hell erleuchtetem Rande zeigt, wenn sie zwischen dem Beobachter und der Sonne oder auch dem Monde steht. Beim Blitze ist, wenn die Wolken entfernt sind, die Linie so



glänzend, im Vergleich zu der Helligkeit dieser Wolken und des Himmels, so plötzlich und kurz von Dauer, so scharf begrenzt und von solcher Form, daß Jeder im ersten Augenblicke glaubt, er habe den wirklichen Blitz gesehen.

Die Formen dieser Linie, als von denen der Wolken abhängig, sind sehr verschiedenartig, und haben deshalb zu manchen Irrthum hinsichtlich der Gestalt des Blitzes geführt. Oft, wenn man glaubt den Blitz von einer Wolke zu einer anderen überspringen zu sehen, ist es nur dieser beleuchtete Rand, den man erblickt. In andern Fällen, wenn man meint man sehe ihn aufsteigen, ist diese Linie nur oben heller als unten. Man hat gekrümmte Blitze beschrieben, die von den Wolken aus in schiefer Richtung zum Meere herabgingen und dann wieder zu den Wolken zurückkehrten; und doch ist diese Erscheinung, welche ich selbst zuweilen gesehen habe, nichts als der erleuchtete Rand einer Wolke.

Ich habe Fälle dieser Art beobachtet, wo der Blitz sich in zwei Arme zu spalten schien, eine Täuschung die leicht bei entfernten Blitzen eintritt. Oft habe ich auch einen Blitz gesehen, der eine merkliche Dauer zu haben schien, was ich davon ableite, daß zwei oder mehrere Blitze rasch hinter einander an derselben Stelle erschienen und einen und denselben Rand einer Wolke beleuchteten.

Die eben beschriebenen Erscheinungen können oft leicht auf ihre Ursache zurückgeführt werden, und sie machen begreiflich, in welche Irrthümer man hinsichtlich der Gestalt und Beschaffenheit des Blitzes geführt werden kann und worden ist. Oft geschieht es an der Küste, daß sich Abends nach einem schönen Tage Wolken am Horizont über dem Meere ansammeln, und Stunden lang alle zwei bis drei Secunden Blitze an und zwischen ihnen erscheinen. Dann könnte man glauben, die Blitze selbst zu sehen; wenn man aber die nächste oder eine fol-

gende Beleuchtung abwartet, gewahrt man, daß dabei der Blitz an derselben Stelle und in derselben Gestalt erscheint, oder, wenn er etwas nach der Linken oder Rechten fortgerückt ist, daß er noch dieselbe Gestalt wie zuvor besitzt. Zuweilen erscheint ein Blitz drei oder vier Mal hinter einander in derselben Gestalt; und ein anderes Mal begiebt es sich, daß, nachdem ein Blitz von gewisser Form an einem gewissen Ort erschienen ist und auch andere an anderen Orten, dann wieder der erste an seinem Ort zum Vorschein kommt, und darauf selbst die übrigen an ihren Orten. In allen diesen Fällen sind es aber, was wir sehen, bloß die beleuchteten Ränder der Wolken, und nicht die wirklichen Blitze. Diese Gestalten scheinen häufig in den Wolken vorhanden zu seyn, sind aber nicht eher erkennbar, als bis der Blitz erscheint. Es ist jedoch leicht zu begreifen, warum sie erst dann hervortreten; denn was von Ferne eine dichte Wolkenmasse, die uns an ihrem Umriss keine Gestalt erkennen läßt, zu seyn scheint, besteht oft aus vielen untergeordneten und wohl geformten Massen, die, wenn es zwischen und hinter ihnen blitzt, ihre Gestalten und Linien wahrnehmen lassen.

Die scheinbare Dauer, von der ich gesprochen, ist bloß ein Fall einer raschen Wiederholung, und kann von einem sorgfältigen Beobachter leicht mit dem verknüpft werden, was ich hier als die beste Probe der Erscheinungen vorgeschlagen habe.

Es giebt noch andere Umstände, welche mit helfen, den scheinbaren Blitz von dem wahren zu unterscheiden, nämlich die Dicke und der Helligkeitsgrad desselben; allein ich glaube genug gesagt zu haben, um die Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand hinzulenken.

---



---

IX. *Ueber einige Elektro-Nitrogurete;*  
*von W. R. Grove.*

(*Phil. Mag. Ser. III Vol. XIX p. 97.*)

---

Das ammoniakalische Amalgam, oder diejenige, von Seebeck entdeckte außerordentliche Substanz, welche sich an der Kathode bildet, wenn man Lösungen von Ammoniak oder dessen Salzen mit Quecksilber elektrolysirt, hat zu verschiedenen Zeiten die Aufmerksamkeit der ausgezeichnetsten Chemiker erregt, und muß, als das scheinbare Glied zwischen den Metallen und den permanenten Gasen, immer ein Gegenstand des höchsten Interesses seyn. Die Versuche, welche ich hier der K. Gesellschaft vorzulegen wage, werden, glaube ich, einiges Licht auf diese Verbindung werfen, dieselbe verknüpfen mit den von verschiedenen Chemikern angestellten Versuchen über die Zersetzung des Ammoniaks bei seinem Hinstreichen über glühende Metalle, einige Anomalien bei diesen Erscheinungen erklären, und einige neue und sonderbare Verbindungen kennen lehren.

Mein erster Versuch über das ammoniakalische Amalgam bezweckte das Gefrieren desselben, was auch, durch die Güte des Hrn. Everett in dem Laboratorium des Middlesex-Hospitals, in Gegenwart des Hrn. Prof. Schönbein von Basel, gelang. Eine Masse der Verbindung, die durch Eintauchen von Kaliumamalgam in Salmiak erhalten war, wurde der starren Kohlensäure ausgesetzt, die auf gewöhnliche Weise durch Schwefeläther flüssig gemacht worden. Sie gefror mit Leichtigkeit, doch bei welcher Temperatur vermochte ich nicht genau zu ermitteln. Im Moment der Gestarrung zog sie sich etwas zusammen, ohne irgend ein Gas auszugeben. Im starren

Zustand liefs sie sich zerbrechen, und ihr Bruch war sehr dunkelgrau, fast schwarz, einigermaßen dem von Gufseisen ähnlich, welches eine Zeit lang an der Luft gelegen hat. Sie hatte wenig oder keinen Metallglanz, und beim Aufthauen gab sie Ammoniak, Wasserstoff und Stickstoff.

Mein nächster Versuch, eine starre Ammoniak-Verbindung zu erlangen, bestand darin, dafs ich eine ungewein leichtflüssige Legirung aus Quecksilber und Newton's schmelzbarem Metall bildete. Ich erhielt eine, die bei gewöhnlicher Temperatur fest war, und bei 86° F. schmolz. Diese machte ich in einer mäßig erwärmten Ammoniaklösung zur Kathode einer Volta'schen Batterie. Sie blieb vollkommen unverändert, und gab die Gase, wie es eine starre Kathode gethan haben würde. Nun fiel mir ein, dafs, wenn ich die Lösung eines Ammoniaksalzes elektrolysirte und zur Anode ein oxydirbares Metall nähme, dieses sich lösen und an der Kathode, vereint mit dem freiwerdenden Stickstoff und Wasserstoff, reducirt werden würde, und so eine permanente Verbindung entstehen möchte. Zu dem Ende ward erfordert, dafs das Oxyd oder Chlorid des Metalls leicht reducirbar, löslich in Ammoniaksalzen und nicht fällbar von ihnen sey. Blei, Eisen und Platin gaben demnach wenig Hoffnung auf Erfolg, und dies bestätigte sich auch durch einen Versuch. Zinn war ebenfalls unwirksam, wegen der Menge des gebildeten unlöslichen Oxyds und Oxydchlorids. Indefs sammelte sich doch mit diesem Metall eine kleine Menge einer dunkelgrauen schwammigen Masse an der Kathode, die indafs bald von der Lösung zerstört ward. Ganz anders waren jedoch die Resultate mit Zink, Kupfer und Kadmium, und die dabei gebildeten Verbindungen und die Methoden zur Bildung derselben will ich nun einzeln beschreiben.

Einen langen Glaskasten füllte ich mit destillirtem Wasser, und legte darin mehre Stücke Salmiak. An

den beiden Enden des Kastens tauchte ich in diese Flüssigkeit, getrennt durch eine Mauer von Salmiakkrystallen, einen Platindraht als Kathode, und ein an einem Platindraht hängendes Stück destillirten Zinks als Anode einer Säule von sechs Zink-Platin-Elementen, die, wie ursprünglich, von mir, mit verdünnter Schwefelsäure und Salpetersäure geladen waren (*Phil. Mag. Mai 1839. — Ann. Bd. XXXVIII S. 300*). Als bald bildete sich um die Kathode eine schwammige Masse, bestehend, wie es schien, aus einem Wulst von Blättern und Facetten, an Farbe und Glanz dem Graphit ähnlich, die bei zunehmender Gröfse aufstieg und schwamm. Ihre Leichtigkeit verdankte sie jedoch hauptsächlich dem in ihren Zwischenräumen eingeschlossenen Gase, denn, wenn man sie zwischen zwei Glasstreifen etwas zusammendrückte, sank sie sogleich unter.

Nachdem sich eine hinlängliche Menge von diesem Schwamm gebildet hatte, wurde er sanft abgenommen, auf ein Filtrum gebracht, gut mit destillirtem Wasser gewaschen, auf einem Sandbade bei mäßiger Wärme getrocknet (wobei er keinen Ammoniakgeruch aushauchte) und nun durch Reiben zwischen Lagen von Fließpapier getrocknet. So getrocknet und gepulvert, hatte er noch dieselbe Farbe, keinen Metallglanz, ein spec. Gewicht = 4,6, leitete Elektrizität und verhielt sich gegen Säure genau wie metallisches Zink; allein das von ihm in verdünnter Schwefelsäure entwickelte Wasserstoffgas war mit etwas Stickgas gemengt, und, wenn diese Lösung mit Aetzkali übersättigt ward, entwickelte sie keinen Ammoniakgeruch.

Fünf Gran der wohlgetrockneten Substanz wurden in eine enge, retortenförmig gekrümmte Röhre gebracht und durch eine Weingeistlampe bis zur Rothgluth erhitzt. Sie gaben ein permanentes Gas, welches bei dem ersten Versuch über frisch ausgekochtem Quecksilber, bei den späteren aber, als kein Ammoniak darin entdeckt

werden konnte, über Wasser aufgefangen wurde. Folgendes ist das Resultat von vier Versuchen, bei denen die Luft in der Röhre zuerst durch Erhitzen einer von der Substanz entfernten Stelle verdünnt und theilweise ausgetrieben wurde. Fünf Gran gaben:

Versuch	1.	2.	3.	4.	Mittel.
Kubikzoll	0,7	0,75	0,76	0,72	0,73.

Diefs Gas wurde durch Verpuffung untersucht in einem Eudiometer, welcher in sofern von denen Volta's und Henry's abwich, dafs es versehen war mit einer Schnur (*Loop*) von Platindraht, die nach Belieben durch einen schwachen Volta'schen Strom zum Glühen gebracht werden konnte. Diefs Eudiometer hat manche Vorzüge; doch würde hier nicht der Ort seyn, mich darüber auszulassen. Das aus der Zink-Verbindung getriebene Gas mit ein Achtel Sauerstoff vermischt und verpufft, hinterliefs fünf Achtel, und der Rückstand erlitt durch Sauerstoff oder Wasserstoff keine weitere Verminderung, sondern zeigte all die negativen Eigenschaften von reinem Stickgas. Aus mehren Untersuchungen successiver Portionen ergab sich, dafs das Gas ein Drittel bis ein Viertel Wasserstoff enthielt, und die letzte oder die in der Retorte zurückgebliebene Portion hinterliefs bei Verpuffung mit Sauerstoff einen sehr geringen Rückstand. Da die zuletzt entwickelten Portionen einen gröfseren Antheil Wasserstoff enthielten als die ersten, so erhellt, dafs das Stickstoff bei einer niedrigeren Temperatur als der Wasserstoff entbunden ward. Der Rückstand in der Retorte war an Farbe unverändert, hatte aber sein Volum verringert, und an der Biegung der Röhre safs etwas Thau.

Kadmium wurde demselben Procefs als das Zink unterworfen; seine Elektrolyse wich jedoch von der des Zinks etwas ab. Bei dem letzteren Metall war die Lösung während der ganzen Zeit vollkommen klar, ohne

dafs sich ein Niederschlag bildete. Beim Kadmium aber wurde, nach kurzer Zeit, das wasserhaltige Oxyd durch das an der Kathode gebildete Ammoniak gefällt; doch wurden die der Kathode benachbarten Antheile des Niederschlags durch den Ueberschufs des Ammoniaks wieder gelöst und durch den Volta'schen Strom wieder reducirt. Der Schwamm vergrößerte sich rasch, zusehends, war sehr dunkel bleigrau, in's Schwarze neigend und sehr dem Quecksilber-Ammoniak-Amalgam ähnlich. Er besafs nicht das halb-krystallinische Ansehen des Zinkschwamms, wohl aber, wenn er zwischen Glas geprefst worden, einen Bleiglanz und sehr das Ansehen eines Amalgams. In der Flüssigkeit gelassen, zog es sich zusammen und nahm eine hellere Farbe an, wahrscheinlich von der Reaction gelösten Chlors. Die zu untersuchenden Portionen wurden deshalb sogleich herausgenommen und in destillirtes Wasser gebracht. Das spec. Gewicht war  $\approx 4,8$ , und auf dieselbe Weise wie das Zink-Product untersucht, gaben vier Versuche an permanentem Gase:

Versuch	1.	2.	3.	4.	Mittel.
Kubikzoll	0,25	0,18	0,20	0,20	0,207.

Bei Untersuchung zeigte sich dieses Gas jedoch frei von Wasserstoffgas. Der Rückstand in der Retorte war gelblichgrün und mit Kügelchen von destillirtem Kadmium gemischt.

Kupfer, eben so elektrolysirt, gab eine hellblaue klare Lösung, in welcher, an der Kathode, ein schön purpurfarbenes oder vielmehr chocoladebraunes Gerinsel entstand. Diefs schwamm oft, aber nicht immer, auf der Flüssigkeit. Sein spec. Gewicht war  $\approx 5,9$ . Fünf Gran erhitzt, gaben an permanentem Gase:

Versuch	1.	2.	3.	4.	Mittel.
Kubikzoll	0,13	0,10	0,09	0,11	0,107.

Auch dieses Gas enthielt kein Wasserstoffgas, sondern bestand ganz aus Stickstoff. Der Rückstand in der Retorte war aus dem Chocoladefarbenen in Roth übergegangen, und besaß alle Eigenschaften von reinem Kupfer.

Ich versuchte nun Nickel und Silber mit salpetersaurem Ammoniak und Gold mit salzsaurem Ammoniak. Mit Nickel bildete sich eine sehr geringe, nicht zur Analyse hinreichende Menge der schwammförmigen Masse; und beim Silber hielt mich das Gefährvolle des ammoniakalischen Niederschlags ab, denselben zu sammeln. Um eine ähnliche Verbindung von Gold zu erhalten, mischte ich dessen Chlorid mit einer Salmiaklösung und elektrolysirte sie mittelst Platin-Elektroden, getrennt durch eine Scheidewand von Pfeifenthon, um die Reaction des Chlors abzuhalten. Es bildete sich ein schwarzer Niederschlag, der nicht obenauf schwamm und wenig Zusammenhalt besaß. Sein spec. Gewicht war 10,3, und fünf Gran gaben 0,05 Kubikzoll Gas, dessen Natur ich wegen der geringen Menge nicht genau ermitteln konnte, das aber Stickgas zu seyn schien. Auch bildete ich Amalgama durch Anwendung von Quecksilber an der Kathode, mit Zink u. s. w. an der Anode. Das Quecksilber hielt aber, selbst legirt, die Gase nicht zurück, und das Amalgam lieferte von ihnen nicht mehr, als das starre geliefert haben würde.

Bei Bildung dieser Substanz muß man den Proceß beständig unterbrechen; denn, wenn z. B. die Lösung des Metalls in Ueberschuß kommt gegen die des Ammoniaksalzes, wird das Metall allein reducirt. Diefes bemerkt man leicht beim Kupfer an den Farbenunterschied. Auf einer gewissen Stufe des Processes wird das chocoladenfarbene Gerinsel mit dendritischen Fasern von reinem Kupfer durchwirkt, und die Gränzlinie ist deutlich sichtbar. In den Zink- und Kadmium-Verbindungen ist dieser Vorgang nicht so sichtbar; bei einiger Uebung

erkennt man indess den Unterschied leicht, indem das reine Metall heller grau ist, und statt des amorphen schwammförmigen, ein arborescirendes Ansehen annimmt. Gemeinlich beginnt dieß, wegen des größeren specifischen Gewichts der Metall-Lösung, an dem unteren Theil. Hat diese Reduction zu reinem Metall einmal begonnen, so fährt sie fort, und um das Nitroguret wieder zu bilden, muß man die Lösung erneuen und den Proceß abermals anfangen.

In allen diesen Verbindungen bleibt die Menge des Stickstoffs weit unter dem aequivalenten Verhältniß, und häufig bemerkt man in dem Schwamm Farbenabstufungen, und findet dann eine geringere Menge Stickstoff in der Verbindung. Diese Abstufungen sind etwas schroff, so daß die Masse wie geschichtet aussieht, gleich aufgerolltem Thon von verschiedener Farbe. Die Mittelwerthe, welche ich gab, stammen von Portionen von tiefster Farbe her. Eine Verstärkung der Kraft (der Säule) vertieft die Farbe nicht über einen gewissen Punkt, ob aber bei sehr starker Kraft sich mehr Stickstoff mit den Metallen verbinde, habe ich noch nicht zu untersuchen Gelegenheit gehabt.

Von der Kadmium-Verbindung erwartete ich, wegen ihres specifischen Gewichts, eine größere Menge Stickstoff, und wegen der gelben Farbe des Rückstands glaubte ich, daß ein Theil dieses Elements nebst wahrscheinlich Wasserstoff eine neue Verbindung bilde, ähnlich der von Humphry Davy untersuchten aus Ammoniak und Kalium. Dieß zu ermitteln würde indess eine Untersuchung erfordern, die diesem Aufsatz fremd ist. Eine andere, schwer zu lösende Frage ist: ob der aus der Zink-Verbindung getriebene Wasserstoff mit ihr verbunden war, oder aus der Reaction des Zinks auf verbundenes Wasser entsprang. Ich neige dahin, das letztere zu glauben, sehe aber keine Mittel dasselbe zu beweisen, da derselbe Hitzgrad, welcher das Wasser aus-

triebe, auch die Substanz zersetzen würde. Obgleich ich keine Aussicht hatte, eine starre Verbindung (das theoretische Ammonium) darzustellen, so vernachlässigte ich doch nicht, einen Versuch zu machen. Ich destillirte etwas von der Zinkverbindung in Naphthadämpfen, erhielt aber nur gasige Producte. Bemerkenswerth ist, daß die Stickstoffmengen, welche sich bei diesen Versuchen mit den Metallen verbinden, in Verhältniß stehen mit deren Verwandtschaft zum Sauerstoff, und es kann dies vielleicht als ein Grund mehr zu den schon ausgesprochenen betrachtet werden, daß der Stickstoff ein Oxyd ist.

Die große Aehnlichkeit in der Beschaffenheit und Bildungsweise zwischen diesen Verbindungen und dem ammoniakalischen Amalgam ist, wenigstens für mich, ein genügender Beweis von der Aehnlichkeit in der Zusammensetzung beider. Berzelius hält es für ein Amalgam aus Quecksilber und Ammonium. Gay-Lussac und Thénard glauben, es sey eine Verbindung von Stickstoff, Wasserstoff, Ammoniak und Quecksilber. Daniell hat, unterstützt von einigen Versuchen, die Meinung ausgesprochen, es sey keine chemische Verbindung, sondern ein bloßes adhäsives Gemenge, das Quecksilber darin wie eine Seifenblase aufgeblasen. Wenn die obigen Versuche mich zu einer Meinung berechtigen, ohne vermessen zu scheinen, so würde ich sagen: es sey sicherlich eine chemische Verbindung, wahrscheinlich von Quecksilber und Stickstoff, aufgetrieben durch Wasserstoff, und, weil es immer feucht ist und deshalb einen guten Theil Ammoniak enthält, daß seine Unbeständigkeit allein von der Beweglichkeit des Quecksilbers herührt. Denn stellt man es quatuor pedibus mit den anderen Metallen gleich, d. h. solidificirt man es, so ist die Verbindung vollkommen stät; versetzt man die analogen Verbindungen der übrigen Metalle in den Zustand des Quecksilbers, d. h. schmilzt oder erhitzt man sie, so hören sie auf beständig zu seyn. Was die Hypo-



these vom Ammonium betrifft, so fragt es sich: Haben wir ein Recht, das Daseyn eines Metalls vorauszusetzen, weil das Nitroguret oder Ammoniuret von Quecksilber eine physikalische Aehnlichkeit mit einem Amalgam besitzt; könnten wir nicht, nach demselben Princip, viele andere Elemente annehmen? Als eine theoretische Frage kann sie nicht schaden; allein als ein angenommener Satz, glaube ich, kann sie irre führen.

Eine andere Klasse von Thatsachen, die durch die obigen Versuche erklärt wird, ist die, welche sich, bei Zersetzung des Ammoniaks, durch Hinüberleiten desselben über glühende Metalle zeigt, und zuerst, glaube ich, von Berthollet beobachtet worden ist, da er fand, dafs Eisen, diesem Procefs unterworfen, brüchig wird, ohne sein Gewicht zu verändern. Bei ähnlichen Versuchen mit Eisen, Kupfer, Silber, Gold und Platin konnte Thénard keine Gewichtszunahme über  $\frac{1}{300}$  entdecken. Savart beobachtete eine Zunahme von  $\frac{1}{300}$ . Despretz, obwohl er bei seinen ersten Versuchen keine gröfsere Zunahme als Savart beobachten konnte, fand doch später, dafs das Eisen, und nur das Eisen, 11 Procent an Gewicht zunehme. Er giebt keinen Grund an, von dem anfänglichen Mißlingen und dem späteren Erfolge <sup>1)</sup>).

Diese nicht ganz übereinstimmenden Resultate erhalten durch meine Versuche eine leichte Erklärung, die jedoch Ampère zuerst theoretisch aufstellte, dafs nämlich beim Hinüberleiten von Ammoniak über glühende Metalle sich Nitrogurete bilden und sogleich wieder zersetzen, und solchergestalt die physische Beschaffenheit der Metalle verändert werde, ohne merkliche Gewichtszunahme oder chemische Veränderung.

Bevor ich meinen Aufsatz schliesse, mufs ich noch einer Stelle in einer von Daniell's Abhandlungen anführen, welche, zufolge einer nach Beendigung meiner Versuche gehaltenen Nachlese, die einzige ist, die mit ihnen in Beziehung steht. Nach Anführung einiger Re-

1) Ann. Bd. XVII S. 296; auch Bd. XXXXII S. 164.

sultate mit seiner constanten Batterie, die mit Salmiak an der Zinkseite, und mit schwefelsaurem Kupfer an der Kupferseite der Scheidewand geladen war, machte er folgende Bemerkung:

»Es waren keine Anzeigen von freiem Ammoniak in der inneren Zelle da; das gefällte Kupfer zeigte jedoch nicht seine gewöhnliche schöne helle rothe (*pink*) Farbe, sondern sah matt, graulich, erdig aus, wie Kupfer, über welches Ammoniakgas bei Rothgluth gestrichen ist, und wahrscheinlich enthielt es etwas Stickstoff gebunden. Ich hatte jedoch nicht Zeit eine Verbindung zu prüfen, die einer fernerer Untersuchung werth ist.«

Alle von mir dargestellten Kupfer-Nitrogurete hatten eine Chocoladenfarbe, und die nächste Substanz mit der ich sie vergleichen könnte, ist das geronnene Blut. Die von Daniell bemerkte grauliche Farbe rührte wahrscheinlich davon her, daß etwas Zink mit dem Kupfer gefällt wurde, oder es brachte auch die Temperatur (124° F.) bei der derselbe arbeitete, einige Verschiedenheit zu Wege. Mit Ausnahme der obigen Stelle habe ich keine früheren Versuche auffinden können, und halte mich demnach berechtigt, sie, meines Wissens, für neu auszugeben.

---

**Zusatz.** Zur Vervollständigung der vorstehenden Untersuchung sey hier bemerkt, daß, etwa gleichzeitig mit derselben, verschiedene Nitrogurete oder Stickstoffmetalle auf rein chemischem Wege dargestellt sind; nämlich *Stickstoff-Kupfer* und *Stickstoff-Chrom* von Schröter <sup>1)</sup>, und *Stickstoff-Quecksilber*, welches Mitscherlich schon früher in Verbindung mit *Quecksilberchlorid* erhalten hatte <sup>2)</sup>, von Plantamour <sup>3)</sup>.

1) Ann. d. Pharm. Bd. XXXVII S. 129.

2) Annal. Bd. XXXIX S. 408.

3) *Bibl. univers. N. S. T. XXXII* p. 339.

Das *Stickstoff-Kupfer* bildet sich, wenn Ammoniakgas über Kupferoxyd geleitet wird, bei einer Temperatur von  $250^{\circ}$  C.; bei geringerer Hitze wird nur etwas Ammoniak zersetzt, das Kupferoxyd aber nicht merkbar verändert (wie schon *Berzelius* fand)<sup>1)</sup>, bei stärkerer dagegen das Oxyd zu Kupfer reducirt. Am besten bildet es sich mit einem auf nassem Wege bereiteten Oxyd (aus salpetersaurem Kupferoxyd mit Aetzkali gefällt), auch mit dem Oxydhydrat und Carbonat, doch haben letztere Präparate keine Vorzüge, und die Erhitzung muß sehr langsam gesteigert werden, da sonst eine tumultuarische Reaction eintritt, bei welcher das gebildete Stickstoffmetall wieder zersetzt wird. Immer hält es jedoch schwer das Nitroguret ganz frei von Oxyd zu erhalten, und immer geht die Operation sehr langsam von statten (zur Bildung von 20 Grm. waren 120 Stunden erforderlich), da das erzeugte Stickstoffmetall das darunter liegende Oxyd vor der Einwirkung des Ammoniaks schützt, weshalb man das Oxyd alle zwei bis drei Stunden wohl durchschütteln, oder besser, herausnehmen und zerreiben muß<sup>2)</sup>.

Das Stickstoff-Kupfer ist ein ziemlich schwarzes (bei Beimengung von Oxyd, grünes), lockeres Pulver, das, bei  $300^{\circ}$  C., unter Entbindung eines schön rothen Lichtes, zerfällt, in Kupfer und Stickstoff, dem Stickstoffoxyd beigemenget ist, wenn es Kupferoxyd enthielt. Von Säuren wird es zerlegt, von Schwefelsäure z. B., in Stickgas, das entweicht, und Kupfer, das metallisch zurückbleibt. Trocknes Chlorwasserstoffgas bildet mit ihm Kupferchlorid und Chlorammonium, Chlorgas giebt dieselben Producte und außerdem Stickgas.

Die Analyse des Stickstoffkupfers war mit Schwie-

1) Jahresbericht, No, IX S. 131.

2) Vielleicht wäre zur Auflockerung des Oxyds, eine Beimengung von Sand oder Glaspulver zweckmäßsig. P.

rigkeiten verknüpft. Sie geschah in einer Verbrennungsröhre, die hinten kohlenaures Bleioxyd, dann das mit Glaspulver innig gemengte Nitroguret und vorn metallisches Kupfer enthielt. Es ergab sich hiebei immer ein kleiner Wasserstoffgehalt, etwa 0,11 Proc., offenbar von beigemengtem Ammoniak. Der Kupfergehalt wurde durch Auflösung des Stickstoffmetalls in Salpetersäure, durch Abdampfen und Erhitzen des Nitrats bestimmt. Den gefundenen Wasserstoff als Ammoniak in Rechnung gebracht, ergab sich dann das Stickstoff-Kupfer als zusammengesetzt aus drei Atomen Kupfer und einem Atome Stickstoff  $= \text{NCu}_3$ .

Das *Stickstoff-Chrom* entsteht, wenn Chromchlorid ( $\text{Cr}_2\text{Cl}_6$ ) in Ammoniakgas erhitzt wird, als ein schwarzer glanzloser Körper <sup>1)</sup>, der sich, in Sauerstoff erhitzt, bei 150° bis 200° C. mit schön rothem Licht entzündet, und, unter Entwicklung von Stickgas, in Oxyd verwandelt. Auf diese Weise ergab sich für seine Zusammensetzung die Formel  $\text{Cr}_2\text{N}_3$ .

Das *Stickstoff-Quecksilber* bekommt man, wenn man trocknes Ammoniakgas erstlich bei gewöhnlicher Temperatur über Quecksilberoxyd hinstreichen läßt, bis dieses in wasserfreies Quecksilberoxyd-Ammoniak verwandelt ist, und dann letzteren Körper im Oelbade langsam bis 150° C. erhitzt, und so lange in dieser Temperatur erhält, als sich noch Wasser entwickelt. Man hat dann einen braunen Körper, der, nach Mengung mit Kupferoxyd und Trocknen bei 100° C., bei stärkerer Erhitzung Stickgas und metallisches Quecksilber, aber keine merklichen Spuren von Wasser giebt, folglich kein Quecksilberoxyd-Amid, sondern Stickstoff-Quecksilber ist. Beim Erhitzen oder Reiben und Schlagen verpufft dieser Körper mit Heftigkeit unter Lichtentwicklung; es ist also ein gefährlicher Körper, doch in minderem Grade als der Jodstickstoff. Analysirt wurde derselbe bisher noch nicht, doch glaubt Plantamour annehmen zu dürfen, dafs er die von Mitscherlich angegebene Zusammensetzung  $\text{Hg}_3\text{N}_2$  besitze.

1) Früher für metallisches Chrom gehalten (Ann. Bd. XXI S. 359).

X. *Ueber ein besonderes Verhalten des bromsauren Kalis; von J. Fritzsche.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser.)

Als ich bereits vor längerer Zeit bromsaures Kali in der Absicht erhitzte, sein Verhalten beim Schmelzen mit dem des chlorsauren zu vergleichen, beobachtete ich ein lebhaftes Verknistern des angewendeten Salzes. Ich fand bald, dafs diese Erscheinung nicht durch Decrepitationswasser allein bedingt war, und indem ich nun Versuche zur Ausmittlung ihrer Ursache anstellte, gelangte ich zu den hier mitzutheilenden Resultaten.

Das bromsaure Kali, an welchem ich das Verknistern zuerst beobachtete, war aus einer kalt gesättigten Auflösung durch freiwilliges Verdampfen bei der gewöhnlichen Temperatur im Winter in einem Zimmer erhalten. Es zeigte sich ein so heftiges Verknistern, dafs bei dem ersten oben genannten Versuche, welchen ich in einer engen, etwa einen Zoll hoch mit dem Salze angefüllten Glasröhre vornahm, eine kleine Explosion entstand, durch welche ein grofser Theil des Salzes mit einem kleinen Knalle aus dem Gefäfse geschleudert wurde. Bei vorsichtigerem, allmähligem Erhitzen ergab sich, dafs anfangs, zwischen 100° und 150°, eine kleine Menge Wasser ausgetrieben wurde, unter Decrepitations-Erscheinungen, welche jedoch bei weitem nicht so heftig waren, als diejenigen, welche erst dann begannen, als ein in das erhitzte Salz gehaltenes Thermometer 260° bis 280° zeigte; es zersprangen bei dieser letzteren Temperatur die Krystalle unter lebhaftem Geräusche, und wurden dabei mit grofser Kraft gegen die Wände des Gefäßes geschleudert, wo sie nicht selten einen kleinen Ring oder Stern eines sehr zarten Pulvers zurückliessen. Als bei fortgesetztem Erhalten auf dieser Temperatur kein weiteres

Verknistern mehr stattfand, war der grösste Theil des Salzes in ein Pulver verwandelt, welchem nur noch einzelne grössere Bruchstücke von Krystallen beigemengt waren; dabei hatte das vorher farblose Salz nicht selten eine gelbliche Farbe angenommen, welche es längere Zeit hindurch behielt, von welcher ich es jedoch unentschieden lassen mufs, ob sie von anhängender organischer Substanz herrührte, oder dem verknisterten Salze eigenthümlich angehörte.

Die mikroskopische Untersuchung des erhaltenen Pulvers zeigte mir dasselbe aus formlosen Bruchstücken bestehend, welche keinesweges ebene Flächen hatten, sondern im Gegentheile auf ihrer Oberfläche wie zerfressen aussahen, und auch bis in ihr Inneres vielfach zerklüftet zu seyn schienen. Wenn sie vor dem Verknistern durchsichtig waren, so waren sie nach demselben um so undurchsichtiger, je vollständiger sie der erhöhten Temperatur ausgesetzt gewesen waren, und bei manchen Stücken sah man deutlich, wie das eine Ende in seiner Textur verändert war, während das andere noch seine ursprüngliche Klarheit und Durchsichtigkeit beibehalten hatte.

Als ich nun so beschaffenes verknistertes bromsaures Kali auf dem Objectträger des Mikroskops mit Wasser befeuchtete und durch das Mikroskop (bei 200maliger Linearvergrößerung) betrachtete, gewahrte ich ein interessantes Phänomen, welches meine Vermuthung, dafs mit dem Salze eine moleculare Veränderung vorgegangen seyn müsse, vollkommen rechtfertigte. Jedes Stäubchen des verknisterten Salzes nämlich zeigte eine heftige Gasentwicklung, welche von allen Theilen seiner Oberfläche ausging, und vollkommen so sich ausnahm, als ob aus kohlensaurem Kalke in verdünnter Salzsäure Kohlensäure entwickelt würde. Noch ehe alles Salz verschwunden war, hörte die Gasentwicklung auf, begann jedoch von Neuem wieder mit gleicher Heftigkeit, als

wieder frisches Wasser zugesetzt wurde, und weitere Versuche darüber ergaben, daß eine gesättigte Lösung des Salzes, welche sich bei solchen mikroskopischen Versuchen bald bildet, der Gasentwicklung gerade dadurch eine Gränze setzt, daß sie nichts mehr von dem Salze auflösen kann, daß folglich die Gasentwicklung nur in Folge der Auflösung erfolgt.

Das sich entwickelnde Gas war Sauerstoffgas.

Aus diesen Versuchen erhellt nun zwar schon hinreichend, daß die Gasentwicklung nicht etwa durch mechanisch eingeschlossene und beim Auflösen freiwerdende Luft hervorgebracht wird; man kann sich jedoch auch noch direct überzeugen, daß die atmosphärische Luft dabei gänzlich außer dem Spiele ist. Legt man nämlich eine kleine Menge des verknisterten Salzes zwischen zwei Glasplatten in Alkohol, durch welchen die Gasentwicklung nicht hervorgerufen wird, und entfernt auf diese Weise alle mechanisch anhängende atmosphärische Luft, so erkennt man dann bei der mikroskopischen Betrachtung, daß das Salz keine, oder wenigstens nur eine im Verhältnisse zur Gasentwicklung sehr unbedeutende Menge atmosphärischer Luft eingeschlossen enthalten kann. Giebt man aber nun den Glasplatten eine etwas geneigte Lage, und läßt den Alkohol durch ein Paar Tropfen Wasser verdrängen, so sieht man von jedem Körnchen des Salzes in dem Augenblicke die Gasentwicklung beginnen, wo es vom Wasser berührt wird. Wie lange die Gasentwicklung fort dauert, wenn man in dem eben genannten Versuche fort dauernd einen schwachen Strom Wasser zwischen den Glasplatten durchfließen läßt, hängt davon ab, wie vollkommen das Salz verknistert ist; die kleinen Splitter entwickeln gewöhnlich so lange Gas, als noch etwas von ihnen sichtbar ist, während von den größeren nicht selten ein durchsichtiger Kern zurückbleibt, welcher der Einwirkung der Hitze entgangen ist und keine Gasentwicklung mehr zeigt.

Bei den Versuchen zur Ausmittlung der Natur des sich entwickelnden Gases ergab sich zuvörderst, daß die Menge des Gases keinesweges so groß ist, als sie unter dem Mikroskope erscheint, oder daß es wenigstens schwer hält, auch nur einige Kubikcentimeter des Gases zu erhalten und aufzusammeln. Diefs rührt zum großen Theile daher, daß das Gas sich in der Flüssigkeit wieder auflöst, oder wohl richtiger, daß es von dem darin aufgelösten Salze wieder absorbiert und chemisch gebunden wird. Man kann sich davon sehr deutlich überzeugen, wenn man den Versuch zwischen zwei Glasplatten unter dem Mikroskope anstellt; namentlich wenn dann die Entwicklung durch die um das Salz gebildete Auflösung geringer zu werden anfängt, sieht man die sich entwickelnden Bläschen ziemlich schnell sich zusammenziehen und spurlos verschwinden: eine Beobachtung, wobei um so weniger von einer mikroskopischen Täuschung die Rede seyn kann, als gerade auch die kleinsten Gasblasen in einer Flüssigkeit unter dem Mikroskope so überaus leicht zu erkennen sind. Auch die größeren, im Anfange sich entwickelnden Gasblasen werden zwar allmählig wieder absorbiert; allein es geschieht diefs viel langsamer, wahrscheinlich weil sie durch die Heftigkeit der Entwicklung zu weit aus der das Salz umgebenden Sphäre von concentrirter Lösung getrieben waren.

Ich fand nun ferner, daß die Gasentwicklung reichlicher ist, wenn man sich statt kalten Wassers des heißen bedient, und mit Hülfe desselben kann man sie auch dem bloßen Auge sehr leicht so anschaulich machen, daß man nicht nöthig hat erst zum Mikroskop seine Zuflucht zu nehmen. Man nimmt dazu ein zugeschmolzenes Glasrohr von ungefähr einem Fuß Länge, und nachdem man darin Wasser bis nahe zum Sieden erhitzt hat, trägt man das verknisterte Salz ein. Jedes Körnchen läßt dann, während es in dem Wasser zu Boden fällt, einen Schweif von kleinen Gasblasen nach, welcher unwillkürlich an



den Feuerschweif einer Rakete erinnert, und auch, wenn man nur wenige Körnchen auf einmal einträgt, in Folge der Absorption des Gases, fast eben so schnell verschwindet als dieser erlöscht. Auch mit kaltem Wasser kann man auf diese Weise die Gasentwicklung beobachten; allein die Schweife sind dann nicht so lang und deutlich; erkennbar aber sind sie auch auf einer mit Wasser benetzten Glasplatte, wenn man dieselbe nach dem Aufstreuen des Salzes neigt, und entweder die Salzpartikeln oder die sich von ihnen entwickelnden Gasblasen von dem Strome fortführen läßt. In diesen letzteren Fällen sind jedoch die Blasen so klein, daß man schwerlich ohne die vorher unter dem Mikroskope gemachte Beobachtung durch sie auf die Gasentwicklung aufmerksam geworden seyn würde.

Eine zur Untersuchung hinreichende Menge Gas erhielt ich auf die Weise, daß ich in ein zugeschmolzenes Glasrohr durch einen Kork einen Trichter einsetzte, und beide mit Wasser gefüllt in ein mit heißem Wasser gefülltes Becherglas umstürzte; den Trichter seitwärts haltend, trug ich nun in das Wasser das verknisterte Salz ein, und hielt dann schnell den Trichter über die Stelle, aus welcher die Gasblasen in die Höhe stiegen, wodurch sie sich in dem Glasrohre ansammelten. Man muß dabei eine größere Menge Salz auf einmal eintragen, und erhält dann mehr Gas, als wenn man dieselbe Menge nach und nach in kleinen Portionen einträgt; auch auf diese Weise aber erhielt ich aus mehr als einer halben Unze Salz nur 3 bis 4 Kubikcentimeter Gas, welche jedoch hinreichten, um es mit Bestimmtheit für reines Sauerstoffgas zu erkennen.

Nach der Heftigkeit der Entwicklung, wie man sie unter dem Mikroskope sieht, sollte man meinen, es müsse eine das Volumen des Salzes mehrfach übersteigende Menge Gas entwickelt werden; allein es ist mir nicht gelungen, in der Wirklichkeit so viel zu erhalten; ich

habe jedoch diesen Punkt, sobald ich die Natur des Gases erkannt hatte, nicht weiter verfolgt, weil jedenfalls die sich entwickelnde Quantität keine bestimmte und constante, sondern nach der Verfahrungsart wechselnde ist, und mir daher nicht so wichtig erschien.

Es ist nun aber die Frage: was ist der Grund dieser Sauerstoffentwicklung, und was geht beim Verknistern des bromsauren Kalis oder beim Erhitzen desselben bis nahe zu seinem Schmelzpunkt damit vor? Darauf haben wir zwar Versuche keine hinreichende Antwort gegeben; allein ich glaube dennoch, daß sich eine genügende Erklärung der mitgetheilten Erscheinungen geben läßt. Es scheint mir nämlich aus dem Ganzen klar hervorzugehen, daß wir es hier mit einer durch die Wärme bewirkten Metamorphose zu thun haben. Das verknisterte Salz kann kein bromsaures Kali mehr seyn; denn dieses entwickelt bei seiner Auflösung in Wasser kein Sauerstoffgas. Da es nun aber, wie Versuche ausweisen, beim Verknistern auch keinen Sauerstoff abgegeben hat, so haben sich wahrscheinlich seine Sauerstoffatome getheilt, und es ist in bromigsaures und in überbromsaures Kali zerfallen. Das letztere kann wahrscheinlich in wäßrigem Zustande nicht bestehen, es zerfällt daher beim Uebergießen mit Wasser in sich auflösendes bromsaures Kali und sich gasförmig entwickelnden Sauerstoff, welchen das bromigsaure Salz mit Begierde aufnimmt; auf diese Weise wird daher das bromsaure Kali sogleich wieder restituirt, bis auf den verhältnißmäfsig sehr kleinen Theil natürlich, welcher der gasförmig weggegangenen Menge Sauerstoff entspricht, auch dieser aber wird an der Luft wieder zu bromsaurem Kali oxydirt.

In Uebereinstimmung mit dieser Erklärung ist folgender Versuch. Eine gewogene Menge des verknisterten Salzes, welche zuerst durch Erhitzen bis  $107^{\circ}$  getrocknet worden war, wurde unter den nöthigen Vorichtsmafsregeln, um jeden Verlust zu vermeiden, ver-

knistert. 0,370 Grm. hatten dabei nur 0,005 verloren, und zwar war wenigstens ein Theil dieser Menge Wasser gewesen, welches sich deutlich durch Beschlagen der Wände zu erkennen gegeben hatte. Das gebildete Pulver wurde nun in demselben Gefäße mit Wasser übergossen, und nach beendigter Gasentwicklung, welche nicht unbedeutend war, die erhaltene Lösung in demselben Gefäße durch Darüberleiten trockner Luft im Wasserbade zur Trockne verdunstet. Der bei 100° getrocknete Rückstand wog 0,368 Grm., und hatte also nur 0,002 verloren, gab beim weiteren Erhitzen keinen Wassergehalt zu erkennen, und lieferte beim Schmelzen, ohne dafs es vorher verknisterte, eine dem Gehalte des bromsauren Kali entsprechende Menge Bromkalium.

Dieser Versuch beweist, dafs beim Verknistern nichts entweicht, was auf die Constitution des Salzes von Einflufs seyn könnte, und da nun ferner, wie ich mich durch Versuche hinreichend überzeugt habe, die Existenz einer niedrigeren Oxydationsstufe des Broms als die Bromsäure keinem Zweifel unterliegt <sup>1)</sup>, auch gerade der Umstand, dafs alle Versuche, eine Ueberbromsäure hervorzubringen, gescheitert sind, ebenfalls zu Gunsten der obigen Erklärung spricht, so vereinigt sich in der That alles, um diese Erklärung wahrscheinlich zu machen. Möge sie daher so lange als die richtige gelten, bis sie durch eine andere verdrängt wird. Vielleicht sind andere bromsaure Salze mehr geeignet, positiven Aufschlufs darüber zu geben; ich habe jedoch unterlassen, sie in dieser Hin-

1) Man kann sie sich mit Kali verbunden sehr leicht verschaffen, wenn man Brom vorsichtig in kalt gehaltene Kalilösung unter fortwährendem Umrühren einträgt. So lange noch Kali vorwaltet, erhält man dann kein bromsaures Kali, sondern eine citronengelbe Flüssigkeit, welche nicht nach freiem Brom riecht, und sich kochen läfst, ohne Brom abzugeben. Alkohol verursacht darin ein starkes Aufbrausen, und benimmt ihr, durch Bildung einer flüchtigen Verbindung, Farbe und bleichendes Vermögen, verhält sich also gegen sie ganz so wie gegen Chlorkalk.

sicht zu untersuchen, weil sich, wie bekannt, ein anderer Chemiker mit dem Studium derselben beschäftigt.

Die bis hierher mitgetheilten Versuche waren alle mit einer und derselben Menge bromsauren Kalis angestellt, welche auf die oben angegebene Weise erhalten war, ohne dafs ich die näheren Umstände bei der Krystallisation berücksichtigt hatte, und diese Menge war verbraucht oder wenigstens bereits verknistert, als ich die Erfahrung machte, dafs nicht alles bromsaure Kali die Eigenschaft zu verknistern, wenigstens nicht in so hohem Grade, besitzt. Seitdem habe ich mir viele Mühe gegeben, wieder ein so stark verknisterndes Salz zu erhalten, und die deshalb zu verschiedenen Zeiten wiederholt angestellten Versuche waren es, welche mich mit der Bekanntmachung meiner Beobachtungen bis jetzt zögern liefsen. Ich vermuthete, dafs das bromsaure Kali dimorph sey, und dafs die eine Krystallform die erwähnten Eigenschaften besäfsse, während sie der anderen mangelten. Allein, wie ich auch die Bedingungen beim Krystallisiren abgeändert habe, immer habe ich das Salz nur in den Formen des regulären Systems krystallisirt erhalten; ob nun das Auftreten gewisser Flächen dabei von irgend einer Wirkung ist, mufs ich den Krystallographen auszumitteln überlassen.

Es hat sich jedoch aus meinen Versuchen ergeben, dafs, um ein stark verknisterndes und leicht sich metamorphosirendes Salz zu erhalten, zwei Bedingungen unerläfslich sind, und zwar, dafs das Salz bei allmäliger freiwilliger Verdunstung krystallisire, und dafs die Auflösung kein freies Alkali enthalte. Setzt man im Gegentheile einer Auflösung von bromsaurem Kali etwas freie Säure zu (ich nahm Essigsäure oder Schwefelsäure), so erhält man beim freiwilligen Verdampfen ein in ziemlich grofsen, wasserhellen Krystallen angeschossenes Salz, welches heftig verknistert, und darauf, mit Wasser in der angegebenen Weise behandelt, reichlich Gas entwickelt.

Aus alkalischen oder heifs gesättigten Lösungen dagegen krystallisirtes, so wie ein aus einer kalt gesättigten Lösung durch starkes Erkälten niedergefallenes Salz, und ebenfalls das beim unmittelbaren Zusammenbringen von Brom mit Kalilösung erhaltene, zeigen das Verknistern in auffallend geringerem Grade. Während man bei jenem die Verknisterung in einem Kolben über der Weingeistlampe unter fortwährendem Umschütteln so weit treiben kann, dafs das Salz sich in feines Pulver verwandelt, und zwar ehe ein Theil desselben zu schmelzen anfängt, erreicht man diesen Punkt nicht mit dem unter letzteren Bedingungen erhaltenen Salze, von welchem immer ein Theil in halbgeschmolzenem Zustande an das Gefäfs anbackt, ehe das Verknistern und die damit verbundene Metamorphose gehörig eintritt. In geringerem Grade, immer aber nur mehr äufserlich, ist jedoch auch dieses Salz dann metamorphosirt, und zwar, wie es scheint, nur deshalb nicht vollkommen, weil es einer höheren Temperatur zur Metamorphose bedarf. Davon überzeugt man sich, wenn man das Verknistern in einem Bade von kochendem Quecksilber vornimmt. Grofse Krystalle des stark verknisternden Salzes zerfallen dabei allmählig in kurzer Zeit vollständig zu feinem Pulver, während kleine Krystalle des schwach verknisternden Salzes oft kaum zu gröberem Pulver zerfallen, und stets eine auffallend geringere Gasentwicklung zeigen.

Dieses verschiedene Verhalten läfst sich vielleicht ebenfalls erklären, wenn man den Umstand zu Hülfe nimmt, dafs bei der Metamorphose des stark verknisternden Salzes fast bis zuletzt noch Spuren von Wasser entweichen. Wenn bei diesem Entweichen auch nur eine mechanische Trennung stattfindet, so könnte es doch wohl seyn, dafs das aus dem Innern der Krystalle entweichende Wasser den zwar noch im Zustande der Ruhe befindlichen, aber durch die Erhitzung bereits in Spannung versetzten Atomen des Salzes, einen Anstofs zur

Umsetzung gäbe, welchen da, wo kein Wasser entweicht, erst die höhere Temperatur zu geben im Stande ist. Alle Erscheinungen zusammengenommen, scheint mir dieß im hohen Grade wahrscheinlich, um so mehr, da sich dann alles hinreichend erklärt.

Ich habe nun nur nochmals zu erwähnen, daß die beste Methode, sich ein stark verknisterndes Salz darzustellen, die ist, eine mit Essigsäure versetzte Lösung freiwillig verdampfen zu lassen. Das Verknistern geschieht am besten in einem Quecksilberbade, und geht dann bei weitem besser von statten als über freiem Feuer. Wenn ich oben  $280^{\circ}$  als die Temperatur angegeben habe, welche ein in das verknisterte Salz gehaltenes Thermometer zeigt, so versteht es sich von selbst, daß diese nicht die richtige seyn kann, da auf diese Weise keine gehörige Berührung stattfinden kann; sie beträgt wahrscheinlich mindestens  $350^{\circ}$ . Wie weit man die Erhitzung treiben könne, ehe das Salz schmilzt, und ob es möglich sey, durch vorsichtiges Erhitzen auch das schwach verknisternde Salz vollständig zu metamorphosiren, habe ich leider wegen der Schwierigkeiten, höhere Temperaturen als die des kochenden Quecksilbers constant zu erhalten und zu messen, auszumitteln unterlassen müssen.

---

## XI. *Untersuchung über das Uran;* *von Eugène Péligot.*

(Freier Auszug aus den *Compt. rend. T. XIII p. 417.*)

**H**r. Péligot hat die interessante Entdeckung gemacht, daß die bisher mit dem Namen *Uran* belegte Substanz noch Sauerstoff enthält, also kein Metall, sondern ein Oxyd ist, oder, wie er sich auszudrücken beliebt, ein zusammengesetztes Metall. Um das wahre Metall von

dem vermeintlichen zu unterscheiden, nennt er das erstere *Uranium*, während er für das letztere den Namen *Uran* beibehält. Schwerlich wird diese Terminologie auf die Dauer Anerkennung finden; zur einstweiligen Unterscheidung beider Körper mag sie hier aber angenommen seyn.

Den Beweis, daß das Uran noch Sauerstoff enthält, lieferte folgender Versuch. Uranoxydul, erhalten durch Glühen seines salpetersauren Salzes, wurde mit dem halben Gewicht Kienrufs gemengt und in einer Röhre längere Zeit geglüht. Es mußte sich dadurch zu Uran reduciren, und in der That, als jetzt Wasserstoffgas über den glühenden Rückstand geleitet wurde, bildete sich kein Wasser. Hierauf wurde trocknes Chlorgas darüber geleitet, und alsbald bildete sich ein grünes krystallinisches Sublimat, während Kohlensäure und Kohlenoxyd entwichen. Das Erscheinen dieser Gase beweist den Sauerstoffgehalt des Urans, das also, wie die Thonerde, Talkerde und ähnliche Oxyde, für sich durch Kohle oder Wasserstoff nicht reducirt wird.

Das grüne Sublimat ist Uraniumchlorür. Daraus wird das Uranium erhalten, wenn man es mit seinem halben Gewichte Kalium mengt und erhitzt. Dieß kann in einem Platintiegel über der Weingeistlampe geschehen. Die Reaction ist so heftig, daß der Tiegel in's Glühen geräth und man die Lampe entfernen muß. Später hat man wieder zu erhitzen, um den Ueberschuß des Kaliums zu verjagen und dem Uranium mehr Cohäsion zu geben. Bei Behandlung des Rückstands mit kaltem Wasser löst sich Chlorkalium, und Uranium bleibt zurück.

So dargestellt, ist das Uranium ein schwarzes, theilweis zusammengesintertes Pulver, das da, wo es sich an den Wänden des Tiegels festgesetzt hat, Platten oder Fäden von silberähnlichem Glanze bildet, die gefeilt und gehämmert werden können. Es ist sehr verbrennlich. Trocken, auf Papier erhitzt, brennt es an der Luft mit sehr glänzendem Licht, bei einer Temperatur, bei wel-

cher das Papier noch nicht Feuer fängt. Wasser scheint es, bei gewöhnlicher Temperatur, nicht zu zersetzen. In verdünnten Säuren löst es sich mit Wasserstoffgas-Entwicklung und giebt die bisherigen Uranoxydulsalze. Mit Chlor verbindet es sich unter starker Entwicklung von Licht und Wärme zu grünem Chlorid, das sich mit grofser Begier in Wasser löst. Auch mit Schwefel verbindet es sich, beim Siedpunkt des letzteren, direct, unter Lichtentwicklung.

Das Atomgewicht des Uraniums ergab sich durch Analyse des erwähnten grünen Uraniumchlorürs folgendermaßen:

Chlor	Cl <sub>2</sub>	442,6	37,1
Uranium	U	750,0	62,9
		<hr/> 119,2	<hr/> 100,0.

also = 750.

Das grüne Uraniumchlorür entspricht dem Uraniumoxydul, welches bisher als Uran betrachtet wurde. Dieses Uran oder Uraniumoxydul besteht demnach aus:

Uranium	U	750	100
Sauerstoff	O	100	13,3

und bekommt die Formel  $U_2O_2$ .

Wenn über grünes Uraniumchlorür, bei Rothgluth, Wasserstoff geleitet wird, tritt es diesem einen Theil seines Chlors ab; es bildet sich eine braune, in sehr zarten Nadeln krystallisirte Verbindung, die mit Wasser eine purpurfarbene, bald aber grün werdende Lösung giebt. Diefs Subchlorür besteht aus:

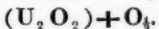
Chlor	Cl <sub>3</sub>	663,9	30,7
Uranium	U <sub>2</sub>	1500,0	69,3.

Mit Wasser behandelt, giebt es ein Suboxydul, welches so begierig nach Sauerstoff ist, dafs es das Wasser unter Wasserstoff-Entwicklung zersetzt, und grün, d. h. zu Uran, wird. Noch reichlicher ist die Wasserstoff-Entwicklung, wenn man die purpurfarbene Lösung des



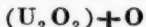
Subchlorids mit Ammoniak versetzt. Das Wasserstoffgas entweicht brausend, während sich ein äpfelgrüner Niederschlag bildet, der dunkelbraun wird.

Das bisherige Uranoxydul, das, nach Berzelius, auf 100 Uran 3,6 Sauerstoff enthält, würde bestehen aus:

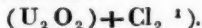


Ueberdies hält sich Pélégot für überzeugt, dafs die bisherigen grünen Oxydulsalze nicht das Uranoxydul, sondern Uran, d. h. Uraniumoxydul enthalten. Durch Glühen an der Luft nimmt dieß Oxyd, d. h. Uran, ein Procent Sauerstoff auf, und verwandelt sich in ein dem Magneteisen ähnliches Oxyd.

Das gelbe Uranoxyd, das man bisher noch nicht zu isoliren gewußt, würde bestehen aus:



und das bisherige Chlorid aus:



## XII. Ueber die specifische Wärme des Kohlenstoffs in seinen verschiedenen Zuständen; von den HH. De la Rive und Marcet.

(Bibl. univers. N. S. T. XXXII p. 349.)

Unsere letzte Abhandlung über die specifischen Wärmen schlossen wir mit einem Versuch über die des Diamants<sup>2)</sup>. Seitdem hat Hr. Regnault Untersuchungen über die specifische Wärme des Kohlenstoffs in seinen

1) Offenbar sind diese Annahmen unrichtig, da der Sauerstoff in den beiden bisher bekannten Oxydationsstufen des Urans nicht im Verhältniß 1 : 2, sondern in dem 2 : 3 gefunden ward. Auch die Zurückführung des Urans auf das Uranium ist fehlerhaft. P.

2) Annal. Bd. LII S. 120,

verschiedenen Zuständen bekannt gemacht <sup>1</sup>); unter andern hat derselbe auch die specifische Wärme des Diamants bestimmt und sie gleich 0,14687 gefunden, während wir 0,1192 fanden. Diesen ziemlich beträchtlichen Unterschied zwischen seinem und unserem Resultate sind wir geneigt weniger der Verschiedenheit der Methoden, als der unvollkommenen Einerleiheit der angewandten Diamanten zuzuschreiben. Wir haben äußerst zartes Diamantpulver angewandt; Hr. Regnault dagegen nahm ganze Diamanten, und es ist wahrscheinlich, daß die gepulverten Diamanten, wegen ihrer Zwecke, von weniger schönem Wasser waren, als die, mit welchen der französische Physiker arbeitete. Diese Verschiedenheiten in der physischen Beschaffenheit und vielleicht auch in der chemischen Natur beider Diamant - Arten können, so scheint uns, den Unterschied der erhaltenen Resultate leicht erklären.

Wie dem auch sey, so hat doch Hr. Regnault, wenn er auch zu einer beträchtlicheren Zahl gelangte als wir, gezeigt, wie wir es früher gethan, daß die specifische Wärme des Diamants viel, etwa um die Hälfte, geringer ist als die der gepulverten Kohle. Diefs wichtige Resultat beweist, daß bei der specifischen Wärme der Körper die physische Beschaffenheit eine eben so große Rolle spielt als die chemische Natur. Aufser der specifischen Wärme des Diamanten hat Hr. Regnault die einiger anderen, in Bezug auf ihren Molecularzustand verschiedenen Kohlenarten, bestimmt, und für sie abweichende Zahlen gefunden.

Hr. Prof. De Saussure hat uns gebeten, die specifische Wärme einer Kohle zu bestimmen, die er bei Zersetzung des Terpenthinöls in einem rothglühenden Porcellanrohre erhalten hatte. Wir haben diese Bestimmung unternommen, und sie benutzt, um zugleich für drei andere, von Hrn. Regnault nicht untersuchte Koh-

1) Annal. Bd. LIII S. 261.

lenarten die specifische Wärme zu nehmen. Der Gegenstand dieser Notiz ist: die von uns erhaltenen Resultate kennen zu lehren.

Wir haben dabei die Erkaltungsmethode angewandt, wie sie sich in unserer letzten Abhandlung beschrieben findet. Wir haben alle erforderlichen Vorsichtsmafsregeln getroffen, um, vor jedem Versuch, die inwendig geschwärzte Kupferkugel, in deren Mitte, innerhalb einer kleinen Goldkugel, die auf ihre Erkaltungsgeschwindigkeit und demgemäfs auf ihre specifische Wärme zu untersuchende Substanz gebracht ward, mit gröfster Sorgfalt auszutrocknen. Auch haben wir diese Kupferkugel, ehe sie in schmelzendes Eis getaucht ward, sorgfältig ausgepumpt. Diese Vorsichtsmafsregeln hatten zum Zweck, dem von Hrn. Regnault erhobenen Einwurf, nämlich der Ablagerung von Feuchtigkeit auf die geschwärzte Innenwand der Kugel, zuvorzukommen. Die geringe Abweichung zwischen den Resultaten mehrer Versuche, die wir nach einander unter gleichen Umständen und mit derselben Substanz unternahmen, ist ein Beweis, dafs es gelang, uns gegen diesen Uebelstand sicher zu stellen.

Wir brachten in die Goldkugel folgeweise: Kupfer, durch Wasserstoff reducirt und äufserst feines Pulver darstellend, Kohle, von Hrn. De Saussure bereitet, Kohle von einem verkohlten jungen Pappelzweig (einem Trieb des letzten Jahres), Kohle von demselben Pappelzweig, aber stark geglüht (*trempe*), und endlich Kohle von Zucker, der mit gröfster Sorgfalt in verschlossenem Gefäfs geglüht worden. Alle diese Substanzen wurden äufserst fein gepülvert. Die stark geglühte Pappelkohle war bereitet, indem man ein Stück dieser blofs calcinirten Kohle in einem hermetisch verschlossenen Platintiegel bis zur Weifsgluth erhitzte, und dann den noch mit rothglühender Kohle gefüllten Tiegel in kaltem Wasser löschte. Man weifs, dafs dies Verfahren die physischen Eigenschaften der Kohle auffallend modificirt, ihre Dichtigkeit

erhöht, sie zum besseren Leiter der Wärme und Electricität macht u. s. w.

Die Resultate wurden berechnet nach der Formel:

$$c = \frac{1}{p} \left\{ (MC + p'c') \frac{t}{t'} - MC \right\}.$$

Um  $MC$  zu erhalten, wägten wir die Goldkugel, so wie das Glas und Quecksilber des von dieser Kugel eingeschlossenen Theils des Thermometers, multiplicirten diese drei Gewichte respective mit der specifischen Wärme des Goldes, des Glases und des Quecksilbers, und addirten die Producte.

Gewicht der Goldkugel	3,010 Grm.
- des Quecksilbers vom Thermomet.	0,685 -
- des Glases	0,265 -

also:

$$MC = 3,010 \cdot 0,03 + 0,685 \cdot 0,033 + 0,265 \cdot 0,18 = 0,1606.$$

Wie schon gesagt, wurde das Kupfer als Vergleichspunkt genommen, unter Annahme seiner specifischen Wärme  $c'$  gleich 0,095. Das Gewicht  $p'$ , mit welchem experimentirt wurde, war 7<sup>grm.</sup>564, so dafs  $p'c' = 7,564 \cdot 0,095 = 0,71858$ .

Die Erkaltung wurde während einer Temperaturveränderung von 10 Centigraden, d. h. von 14° auf 4°, beobachtet. Drei Versuche gaben den Werth  $t'$  für *Kupfer*:

1167" ; 1157" ; 1162" ; Mittel 1162".

*Nicht gelöschte Pappelkohle*

$$p = 0^{\text{grm.}}957$$

$$t = 572" ; 577" ; 574" ; \text{Mittel } 574"$$

$$\text{also } c = 0,2964.$$

*Gelöschte Pappelkohle*

$$p = 1^{\text{grm.}}310$$

$$t = 560" ; 561" ; 560 ; \text{Mittel } 560"$$

$$c = 0,2009.$$

*Kohle von Terpenthinöl*

$$p = 2^{\text{grm.}}949$$

$$t = 911" ; 914" ; 912" ; \text{Mittel } 912"$$

$$c = 0,1801.$$

*Zuckerkohle.*

$$p = 3^{\text{grm.}},006$$

$$t = 845$$

$$c = 0,1592$$

Die vorstehenden Resultate zeigen auf eine sichtliche Weise, welchen Einfluß der Molecularzustand der Kohle auf deren specifische Wärme ausübt. In dem Maafse als ihre Dichte zunimmt, nimmt ihre specifische Wärme ab. Die Kohle vom Terpenthinöl erscheint schon dem Auge ganz anders als die gewöhnliche Kohle; denn sie stellt Schüppchen von fast metallischem Glanze dar. Allein den auffallendsten Unterschied zeigt die Pappelkohle im bloß geglühten und im gelöschten Zustande. Dieser Unterschied, der darin besteht, daß die gelöschte (*trempe*) Kohle nur etwa zwei Drittel von der specifischen Wärme der bloß geglühten besitzt, läßt sich unmöglich auf eine Verschiedenheit der chemischen Natur zurückführen; denn beide Kohlen stammen von einem und demselben Pappelzweig. Es kann nur die Folge der Löschung (*trempe*) seyn, welche, indem sie den Molecularzustand abänderte, auch die specifische Wärme der Substanz veränderte. Es ist überdieß merkwürdig, daß, in Folge der Löschung (*trempe*), die specifische Wärme fast in demselben Verhältniß abnahm, als die Dichte wuchs.

Wir wollen für jetzt nicht länger bei diesem Gegenstand verweilen, sondern nur bemerken, daß die Unterschiede zwischen den von Regnault, von Dulong und Petit und von uns bestimmten specifischen Wärmen wohl weniger von der Verschiedenheit der angewandten Methoden herrühren möchten, als von einer Verschiedenheit des Molecularzustandes der angewandten Körper. In der That war Hr. Regnault, da er sich der Mengungsmethode bediente, genöthigt mit compacten Massen zu operiren; während Dulong und Petit, so wie wir, bei Anwendung der Erkaltungsmethode, die Körper

in einem so feinen Pulver nahmen, als wir uns nur verschaffen konnten.

### XIII. Ueber die im Wasser hervorzubringenden Töne; von Hrn. Daniel Colladon.

(Aus den *Compt. rend. T. XIII p. 439*. Ein Schreiben an Hrn. Arago.)

Als ich, am Schlusse des Jahres 1826, meine ersten Versuche über die Erzeugung und Fortpflanzung der Töne im Wasser angestellt hatte, forderten Sie mich auf zu versuchen, ob man einen vom Boden eines Sees oder des Meeres reflectirten Ton hören könne, und im Stande sey, mittelst der verflossenen Zeit die Tiefe des Wassers zu messen.

Dieser Versuch ist im J. 1838 unternommen worden, an den Küsten der Vereinigten Staaten und auf Befehl der Admiralität, vom Herrn S. Bonnycastle, Professor an der Universität zu Virginien. Einen Abriss von seinen Versuchen findet man im *L'Institut* (1840), No. 316 p. 25 <sup>1</sup>).

Die Abhandlung des Hrn. Bonnycastle enthält eine Behauptung, die mir mit den Resultaten in Widerspruch zu stehen scheint, die ich 1826 erhalten habe, und in den *Annales de chimie et de physique* von 1827, so wie in den *Mémoires de L'Institut (Savants étrangers, T. V)* ausführlich beschrieben sind <sup>2</sup>). Der amerikanische Professor schließt aus seinen Versuchen, daß *der Ton sich besser in Luft als in Wasser ver-*

1) Diese Versuche führten zu keinem Resultat, weshalb sie hier auch wohl einer näheren Auseinandersetzung nicht bedürfen. P.

2) Auch in den *Annal.* Bd. XII, S. 171 und 186.

breite, und er giebt als Gränze, bei welcher ein *Glockenschlag* nicht mehr unter Wasser hörbar sey, die Entfernung von acht bis zehn tausend Fußs.

Das Instrument, dessen sich Hr. Bonnycastle bediente, war offenbar sehr unvollkommen; denn bei meinen Versuchen im November 1826 konnte ich, mittelst einer Glocke von 65 Kilogrammen Gewicht, den Ton, ungeachtet des ziemlich starken Geräusches der Wellen, bis in einen Abstand von 13500 Metern verpflanzen.

Hört man nahebei den Schlag eines Hammers auf einen zum Theil in Wasser getauchten Körper, und bedient sich dazu eines solchen hydro-akustischen Apparats, wie er in *Tom. V des Savants étrangers* beschrieben und abgebildet ist <sup>1)</sup>, so vernimmt man deutlich zwei Geräusche; das erstere, durch das Wasser anlangende, ist kürzer, und scheint weniger intensiv als das zweite, von der Luft durchgelassene. So wie man sich aber entfernt, verändert sich das Verhältniß der beiden Intensitäten, und in einer hinlänglichen Entfernung *ist das erste, im Wasser wahrgenommene Geräusch weit intensiver als das zweite, in der Luft gehörte*. Bei fernerer Vergrößerung der Entfernung hört man noch deutlich das Geräusch im Wasser, selbst wenn es unmöglich ist, bei vollkommen ruhiger Luft und bei nächtlicher Stille, irgend einen von der Luft durchgelassenen Ton zu hören.

Schlägt man auf eine Glocke mit gleicher Kraft abwechselnd unter und über dem Wasser, so erhält man vollkommen analoge Resultate.

In der Luft hält es schwer, die Intensität der aufgefundenen Töne zu verstärken; für die vom Wasser durchgelassenen Töne aber habe ich ein Instrument beschrieben <sup>2)</sup>, dessen verstärkende Kraft (*pouvoir grossissant*) bis zu einer noch unbekannten Gränze erhöht wer-

1) Annal. Bd. XII S. 179 und Taf. II. b. Fig. 9.

2) Ebendasselbst.

den kann, — wie mich neuere Versuche lehrten, weit über die früherhin erwartete. Ich besitze einen Apparat, dessen verstärkende Kraft doppelt so groß ist als die meines früheren Apparats, und ich bin gewiss, daß man sie noch viel weiter treiben kann.

Ich habe einen Apparat verfertigen lassen, bestehend aus einem Uhrwerk mit einer Glocke (*timbre*) von wenigstens 1 Kilogramm Gewicht. Ein vom Uhrwerk bewegter Hammer schlägt auf die Glocke unter Antrieb einer Feder, deren Spannkraft constant ist. Ich habe mich auch einer Spieldose von kleinen Dimensionen bedient, die unter Wasser spielt, man mag sie untertauchen oder in eine kleine Taucherglocke einschließen. Mit diesen beiden Instrumenten habe ich die oben erwähnten Resultate bestätigen können. Unter andern habe ich dabei gefunden, daß die *hohen Töne* leichter unter Wasser bei großen Entfernungen zu hören sind.

Die aus dünnem Metallblech gebildeten, unten verschlossenen Gefäße sind ohne Zweifel die zweckmäßigsten hydro-akustischen Instrumente; allein schon jeder feste, zum Theil in Wasser getauchte Körper, an welchen man den Kopf legt, vermag die im Wasser fortgepflanzten Töne zum Ohre überzuführen.

Wenn ein Körper unter Wasser ertönt, erlöschen seine Vibrationen keineswegs rasch, sondern sie beharren eine ziemlich lange Zeit, selbst wenn die Dichtigkeit des schallenden Körpers und die des Wassers wenig verschieden sind. Wenn man z. B. eine dünne Glasglocke von 18 Centim. Oeffnung durch einen Schlag unter Wasser zum Tönen bringt, so kann man sich versichern, daß die Schwingungen noch nach einer Secunde bestehen; denn wenn man die Glocke nach Ablauf dieser Zeit aus dem Wasser zieht, hört man einen sehr deutlichen Ton.

Eine große, ganz untergetauchte Glocke giebt beim Daraufschlagen einen Ton, der mehrere Secunden anhält.



Taucht man in geringer Entfernung von der Glocke einen Stab ein, den man zugleich mit der Hand anfasset, so fühlt man eine sehr heftige Vibrationsbewegung, die sich durch das Wasser zum Stabe verpflanzt.

Gesprochenes pflanzt sich unter Wasser in einige Ferne fort; wenn aber die Person, welche spricht, sich in einer Taucherglocke befindet; so hört man nur verworrene Töne, ohne, im Abstand von einigen Metern, die Articulationen unterscheiden zu können.

Der Stofs eines Wasserfalls oder der von den Schaufeln eines Dampfschiffs von 100 und mehr Pferden erzeugt unter Wasser nur ein schwaches und verworrenes Geräusch, ein leichtes Brummen. Bei 50 Metern Abstand bewirken die Räder eines Dampfschiffs unter Wasser ein Geräusch wie das Summen einer Biene. In 1000 Metern Entfernung hört man kein deutliches Geräusch; und ich habe demnach Grund zu glauben, dafs man nur mit Unrecht behauptet hat, das Geräusch der Dampfschiffe verscheuche die Fische.

Obgleich die vom Wasser fortgepflanzten und mit meinem Apparat wahrgenommenen Töne viel kürzer sind als die von der Luft durchgelassenen, so erkennt man doch mit gröfster Leichtigkeit nicht nur den Grad der Höhe des Tons, sondern auch den Klang des tönenden Körpers, und sehr oft kann man dessen Natur errathen, bis zu einem gewissen Grad selbst seine Dimensionen, und die Art, wie er zum Tönen gebracht worden ist. Das Geräusch einer unter Wasser rasselnden Kette unterscheidet man so gut, dafs man es erkennt, wenn 4-5000 Meter entfernt, eine Barke ihren Anker lichtet. In einem Seekriege könnte diese Beobachtung einige Wichtigkeit haben.

In der erwähnten Abhandlung habe ich den schwächsten Einflufs von Scheidewänden (*tirants*) auf den durchgelassenen Ton nachgewiesen <sup>1)</sup>. Dieser Einflufs ist nicht absolut. Wenn die Schwingungen energisch sind, pflanzt

1) Annalen, Bd. XII S. 189.

sich der Ton mit einer gewissen Intensität jenseits der festen Hindernisse fort, die er antrifft. Bei einem mit einer grossen Glocke gemachten Versuch zählte man jeden darauf gethanenen Schlag in einem am Ufer, aufgeschüttetem Boden erbauten Hause, in einem Abstände von etwa 3000 Metern von der Glocke, obwohl diese durch ein Vorgebirge vom Hause getrennt war.

Es war mir erlaubt, eine 500 Kilogramm. schwere Glocke, die zu einer Kirche im Kanton Genf gehörte, auf einige Tage zu gebrauchen. Ich tauchte sie 3 Meter tief unter, an einem Ort wo die Wassertiefe 15 Meter betrug, an der Spitze von Promenthoux bei Nyon. Man schlug auf sie mit einem 10 Kilogr. schweren eisernen Hammer, mittelst einer langen, nach oben rechtwinklich gebogenen eisernen Handhabe, durch deren Knie eine Axe ging. Dieser Hammer ward beständig durch einen einzigen Mann in Bewegung gesetzt, der damit alle zwei Sekunden einen Schlag gab.

Ich hatte gehofft, eine neue Reihe von Versuchen machen zu können über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Tons im Wasser des Genfersees, der zwischen den beiden gewählten Stationen eine Temperatur von 17° C. besafs (bei meinen Versuchen im November 1826 war sie nur 8° C.). Die Leichtigkeit, mit welcher wir das Geräusch der Schläge auf die Glocke in der bedeutenden Entfernung von *fünf und dreissig tausend Metern* hören konnten, hatte mich bewogen, diese Entfernung als Zwischenraum beider Stationen zu wählen. Hr. Müller, Hilfsastronom an der Genfer Sternwarte und Prof. der Physik zu Nyon, begleitete mich bei diesem Versuch und hörte mit mir mittelst eines zweiten Apparats. Unglücklicherweise wurden wir an den beiden einzigen Tagen, die uns zu diesen Messungen verstattet waren, durch die Heiterkeit des Himmels und den Mondschein verhindert, die Pulversignale zu sehen, die uns in den nebligen Novembernächten so wohl gelungen waren.

Wir steigerten die verbrannte Pulvermasse bis zu einem Pfunde, ohne das Licht mit der Sicherheit zu sehen, dafs wir eine Messung machen konnten.

Dieser, am 5. August zwischen Promenthoux und Grandvaux bei Cully gemachte Versuch hat jedoch bestätigt, was ich in meiner früheren Abhandlung über die Nützlichkeit dieses Verkehrsmittels aussprach. Wie ich voraussah, dafs man mittelst seiner unter Meeren und Seen auf grofse Entfernungen würde correspondiren können, und wahrscheinlich auf gröfsere als mittelst des Lichts oder mittelst des in Luft fortgepflanzten Schalls, so scheint es mir gegenwärtig erwiesen, dafs man unter günstigen Umständen und mit kräftigen, wohl berechneten Hilfsmitteln werde auf eine Entfernung von *einigen hundert tausend Metern* correspondiren können. Es ist sehr wahrscheinlich, dafs an vielen Orten die Stärke des Schalls im Meere nicht proportional dem Quadrat der Entfernung oder beinahe so abnehmen werde, weil der Schall sich in einer Wasserschicht fortpflanzt, dessen Ober- und Unterfläche fast die Gesammtheit der Schwingungen in dem Wasser zurückhalten, da diese Flächen unter sehr scharfen Winkeln von den Schwingungen getroffen werden.

Es ist vorauszusehen, dafs die Vibrationen, durch Rückprall und Anhäufung an gewissen Punkten, auf dem Boden von Buchten ein sehr intensives Geräusch werden hervorbringen können. Ueberdiefs begreift man leicht, dafs viele, diese telegraphischen Versuche erleichternde Anordnungen und künstliche Vorrichtungen möglich sind, die über kurz oder lang von maritimen Behörden werden benutzt werden <sup>1)</sup>).

Bei 35000 Meter Entfernung hörte man jeden Schlag auf die Glocke deutlich mit meinen beiden Apparaten, von denen einer der im J. 1826 gebrauchte war. Mit

1) Die Bewegung der VVellen stört die fast vollkommene Stille, welche unter dem VVasser des Meeres herrscht, nur sehr wenig. Diese Stille begünstigt die Communicationen unter VVasser sehr.

dem andern Apparat waren die Töne anhaltender; man erkannte das Nachklingen der Glocke, und unterschied recht wohl ihren Klang (*timbre*); mit dem älteren Instrument war der Schall schwächer und kürzer <sup>2</sup>).

Weder Hr. Müller noch ich hörte irgend ein Echo, obwohl die Gestaltung des Sees annehmen liefs, dafs man mehre hören würde; allein Hr. Veret, ehemaliger Zögling der Ecole centrale de Paris, welcher während dieser Versuche, nur einige tausend Meter von der Glocke entfernt, auf einem Boote quer über den See fuhr, hörte, mit einem ähnlichen Apparate wie der meine, an gewissen Stellen wohl zwei intensive und sehr deutliche Echo. Meistens hört man kein anderes Echo, als einen Wiederschall (*retentissement*), veranlafst durch die vom Ufer zurückgeworfenen Wellen. Dieser Wiederschall ist sehr vernehmbar, wenn man sich jenseits der Glocke stellt, senkrecht gegen das Ufer oder nahezu.

Meine Versuche über die Möglichkeit, ein vom Boden reflectirtes Echo zu hören, sind noch nicht zahlreich genug, um zu entscheiden, ob diefs ein wirksames Mittel zur Messung der Wassertiefe abgeben könne.

- 1) Für solche Versuche auf grofse Entfernungen ist es zweckmäfsig, die in das Wasser hinabgelassene Glocke luftleer zu machen. Diefs geschieht, ohne dafs man sie umkehrt, sehr leicht durch Einbringung eines Hebers.

XIV. *Ueber die Ursache der Farbenverschönerung  
bei Umkehrung des Kopfes;  
von Sir David Brewster.*

(Aus dem *Report of the tenth Meeting of the British Association  
etc. Notices, p. 7.*)

Künstlern und Reisenden ist es längst bekannt, daß die Farben von äußeren Gegenständen, besonders von Landschaften, lebhafter erscheinen, wenn man sich bückt und sie zwischen den Beinen hindurch, also mit *umgekehrtem* Kopf, betrachtet. Die Farben des westlichen Himmels, und das Blau und Purpur entfernter Gebirge werden dadurch sehr verschönert. Die eben beschriebene Stellung des Kopfs ist indess eine sehr unbequeme; man kann aber nahezu dieselbe Wirkung hervorbringen, wenn man den Kopf so weit umkehrt, daß man die Landschaft rückwärts unter den Schenkeln (*backwards beneath the thighs*) oder unter dem linken Arme sieht. Es ist nicht leicht, genau zu beschreiben, in welchem Grade die Farben einer Landschaft auf diese Weise erhöht werden; allein eine Idee davon kann man aus der Thatsache machen, daß entfernte Berge, die mir, mit aufrechtem Kopf betrachtet, blaugrau (*french-gray*) erscheinen, eine glänzend blaue oder purpurne Farbe zeigen, wenn ich sie mit umgekehrten Kopf anschau. Als ich das Bild einer Landschaft umkehrte, fand keine Farbenerhöhung statt; als ich aber die umgekehrte Landschaft mit umgekehrten Kopf betrachtete, wurden die Farben wie zuvor verschönert. Daraus folgt, daß die Farbenverschönerung nicht von einer bloßen Umkehrung der Gegenstände herrührt, auch nicht davon, daß wir diese unter ungewöhnlichen Umständen sehen. Eben so wenig entspringt sie daraus, daß

die Eindrücke auf Theile der Netzhaut fallen, die nicht an solche gewöhnt sind; denn die Farbe ist dieselbe, auf welchen Theil der Netzhaut das Bild auch fallen mag. Auch ist leicht einzusehen, daß genau derselbe Theil der Netzhaut afficirt wird, wir mögen einen Gegenstand mit aufrechtem oder umgekehrtem oder sonst wie gestelltem Kopfe betrachten, sobald wir ihn nur direct ansehen.

Um Aufschluß über diese Erscheinung zu erhalten, bat ich einen Freund, welcher mit jeder bisher aufgestellten Theorie unbekannt war, einige Beobachtungen über die Farbenveränderung entfernter Berge anzustellen. Er überzeugte sich dabei, daß die Farbenverschönerung daraus entspringe, daß das Auge, bei umgekehrter Stellung des Kopfs, vor Seitenlicht geschützt sey.

Als ich diese Meinung einer Prüfung unterwarf, fand ich, daß der Farbenton (*tint*) nicht erhöht wird, wenn man das Auge vor Seitenlicht schützt, selbst in viel größerem Grade als es bei Umkehrung oder Neigung des Kopfes der Fall ist, daß also dieß nicht die Ursache der Farbenverschönerung seyn könne.

In dieser Verlegenheit über die Ursache der fraglichen Erscheinung hatte ich Gelegenheit zu bemerken, daß bei einem entzündeten Auge eine große Lichtverstärkung stattfinde. Diese Verstärkung war so groß, daß Gegenstände, die dem *gesunden* Auge nur wie von der Dämmerung beleuchtet erschienen, von dem *entzündeten* Auge wie in hellem Sonnenschein gesehen wurden. Bei allen Gegenständen war die Intensität der Farben erhöht, und sonach bin ich geneigt zu glauben, daß die Farbenverschönerung, welche bei *theilweiser* oder *gänzlicher* Umkehrung des Kopfs stattfindet, daraus entspringt, daß eine größere Menge Blut in die Gefäße des Augapfels tritt, und so ein Druck auf die Netzhaut erfolgt, welcher dieser eine erhöhte Empfindlichkeit verleiht <sup>1)</sup>. Spä-

1) Beiläufig bemerkt, habe ich oft die Erfahrung gemacht, daß mir, jedesmal wenn ich im Halbdunkel huste oder niese, die Gegenstände

tere Beobachtungen haben diese Meinung bestätigt, und, obwohl ich sie nicht beweisen kann, so stehe ich doch nicht an, es als meine Ueberzeugung auszusprechen, daß jene Farbenverschönerung keine optische, sondern eine physiologische Erscheinung sey. Wenn dieß der Fall ist, so haben wir ein Mittel, welches uns in den Stand setzt, nicht nur schwache, anderswie nicht erkennbare Farben zu unterscheiden, sondern auch kleine Gegenstände wahrzunehmen, die sonst mit unsern besten Fernröhren unsichtbar bleiben möchten.

---

XV. *Die Newton'schen Farbenringe und zwei neue Instrumente; von E. B. Jerichau.*

(*Forhandlingar ved de skandinaviske Naturforskeres andet Møde etc.*  
p. 234.)

---

Die Newton'schen Farbenringe bilden sich bekanntlich in dem dünnen Zwischenraum zwischen einem Planglase und einem ziemlich flachen Convexglase, wenn man beide Gläser dicht zusammendrückt. Um die Breite der Ringe zu messen, berechnet Newton den Abstand der Gläser an der Stelle, wo man keine Farbe sieht. Er geht aber dabei von der Voraussetzung aus, daß die Gläser, bei Anwendung eines Drucks, in Berührung gebracht seyen, was ich unrichtig gefunden habe. Deshalb habe ich mir ein eigenes Instrument machen lassen, mittelst dessen die Gläser entweder zur Berührung gebracht oder um eine gewisse Anzahl Lichtwellen-Längen von einander entfernt werden können. Dieß Instrument nenne ich *Gyreidoskop*. Einen Abriss davon zeigt die Fig. 5 Taf. I.

vorübergehend dunkler erscheinen. Auch diese Erscheinung möchte wohl am natürlichsten von einem Druck des Bluts auf die Netzhaut abzuleiten seyn.

P.

Der mit *abcd* bezeichnete Theil ist von Messing; *ee* ist ein Stahlstab, welcher auf der abgeschliffenen Bahn *e'e'* um einige Linien vor und zurückgeschoben werden kann, und zwar mittelst der Schraube *f*, welche ihn fortführt, und mittelst der Feder *g*, die gegen den durch *ab* gehenden Bolzen drückt, und so den Stahlstab zurückschiebt, wenn die Schraube in entgegengesetzter Richtung gedreht wird. Von *h* zu der Krampe *i* geht eine Feder, die mittelst Schrauben auf zwei Frictionsrollen drückt, welche den Stab in genaue Berührung mit seiner Bahn halten. Das convexe Glas ist auf dem Stahlstabe befestigt und folgt dessen Bewegung. Das Planglas *mn* ruht auf der Fläche *a*, und ist daselbst so gerichtet, daß seine Ebene einen sehr spitzen Winkel, mit der Bahn *e'e'* macht, der Abstand von dieser also bei *n* größer ist als bei *m*. Eine rechtwinklich gebogene Platte *oo* ist an *a* festgeschroben und hält das Planglas in seiner Lage. In Folge dieser Stellung des Planglases wird der Abstand zwischen ihm und dem Convexglase kleiner, wenn man den Stahlstab fortschiebt, und zuletzt berühren sie einander. Es läßt sich berechnen, um wie viel der Abstand der Gläser für jeden Schraubenumgang verändert wird, wenn die Neigung der Ebene des Planglases gegen die Ebene *e'e'* bekannt ist, und diese findet man durch Spiegung eines kleinen Gegenstands in beiden Ebenen.

Um die Farbenringe vergrößert und deutlich sehen zu können, ist das Gyreidoskop mit einem Mikroskop versehen, so wie mit einem Schirm, der die Lichtstrahlen ausschließt, welche nicht Theil nehmen an der Farbenbildung.

Nach den mit diesem Instrument gemachten Beobachtungen erfordern Newton's Untersuchungen über die Farbenringe mehrer Berichtigungen, welche nothwendig sind, ehe man aus einer Farbe auf den Abstand der Glä-



ser schliessen und diesen Abstand zur Messung kleiner Gröfsen anwenden kann.

Bei dem homogenen Licht, welches die Flamme einer Weingeistlampe mit gesalzenem Dochte liefert, sieht man abwechselnd dunkle und helle Ringe von der Farbe des Lichts; die hellen sind vier Mal breiter als die dunkeln, und der Uebergang ist ziemlich plötzlich. Läßt man, durch das Zurückdrehen der Schraube *f*, einen Ring nach dem andern verschwinden, so kann man über 200 noch sehr wohl mit bloßem Auge unterscheidbare Ringe zählen; mit dem Mikroskop sieht man aber nur eine geringere Anzahl, da dieses die dunkeln Ringe zunehmend heller zeigt.

Newton liefs die hellen und dunklen Ringe fast gleich breit seyn, und diefs entspricht auch seiner Theorie; unsere Beobachtungen stimmen aber besser mit der Interferenztheorie. Eben so nahm er an, dafs das dunkle Scheibchen, welches man in der Mitte der Ringe sieht, wenn die Gläser fast in Berührung stehen, von gleichen Ursprung sey wie die dunklen Ringe bei homogenem Licht. Diefs ist nicht der Fall. Es erklärt sich besser dadurch, dafs der Abstand der Gläser so klein ist, dafs entweder wegen des geringen Längenunterschiedes der Strahlen keine merkliche Interferenz zu Stande kommen kann, oder dafs der Aether zwischen den Gläsern, vermöge deren geringen Abstand, in denselben oder fast denselben Zustand kommt, den er in den Gläsern besitzt. Aus beiden Hypothesen folgt, dafs das Licht unverändert durchgeht, so weit der erste helle Ring nicht angefangen hat sich zu bilden, und dafs aus diesem Grunde die Mitte des Ringbildes dunkel erscheint, wie ein Loch in der Belegung eines Spiegels. Ein weißer Metallspiegel zeigt deshalb ein Scheibchen von unverändertem Licht, welches nicht an einem dunklen, sondern an dem ersten hellen Ring gränzt; und die Seifenblasen zeigen, dafs das dunkle Scheibchen nicht allmählig, sondern plötzlich in Licht über-

geht, mit einer scharfen Gränze, die innerhalb des hellen Ringes liegt. Das dunkle Scheibchen erweitert sich nicht, wenn man es schräg betrachtet.

Es giebt verschiedene Erscheinungen, welche zu zeigen scheinen, dafs der scharfe Uebergang aus Licht in Dunkelheit oder aus Interferenz in Nicht-Interferenz einigen Theil hat an der Zusammenhaltskraft der Körper, welcher bei diesen Abstand plötzlich vergrößert zu werden scheint; aber bei einem geringeren Abstand tritt eine überwiegende Abstofsung ein. Man kann die Gläser zwar bis zur Berührung aneinanderdrücken, aber dann wird die dunkle Scheibe so grofs, dafs an dem Rande ein dunkler Ring und der innere Theil eine helle Scheibe ist, und die Gläser sind einander um fast ein Viertel einer Lichtwellenlänge mehr genähert als Newton den Abstand für Null ansah. Sein Satz: dafs die Durchmesser der dunkelsten Ringe sich verhalten wie die Quadratwurzeln aus den geraden Zahlen 0, 2, 4, 6, ... und die Durchmesser der hellsten Ringe wie die Quadratwurzeln aus den ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, ... ist deshalb nur richtig, wenn der kleinste Abstand der Gläser eine Viertel-Lichtwelle beträgt; wenn aber die Gläser in Berührung sind, müssen die Ausdrücke der geraden und ungeraden Zahl vertauscht werden.

Da dieser Irrthum bisher unbekannt blieb, so hat man in der Optik die Beobachtungen und Berechnungen über die Farbenringe der Annahme anzupassen gesucht, dafs Newton's Gläser in Berührung stehen, dafs die reflectirten Ringe mit Dunkel beginnen und dafs die durchgehenden Farben complementär zu den zurückgeworfenen sind, hat also Resultate erhalten, die zum Theil der Gegensatz von der Wirklichkeit sind, zumal, nach Young's Lehre, eine halbe Lichtwelle verloren geht. Man hat nicht bedacht, dafs eine schwarze Verbindung der Farben nach der Interferenzlehre nicht bestehen kann.

Durch folgende Construction kann man sich folglich

eine richtige Vorstellung von der Zusammensetzung des Farbenbildes im Tageslicht machen. In einem Kreise, dessen zwei auf einander winkelrechte Durchmesser wir *ac* und *bd* nennen wollen, denke man sich die Farben sich bewegend in Richtung *abcd* mit einer Geschwindigkeit, die der Wellenbreite proportional ist. In *a* hat die Farbe ihr Maximum, in *c* das Minimum von Licht. Die glanzvollste Weise, bei der die Farbengläser zurückgeworfenes Licht bilden, hat man, wenn der Abstand der Gläser eine halbe Wellenbreite von der hellsten Farbe im prismatischen Bilde ist, da in diesem Fall die übrigen Farben auch ihrem Maximo nahe sind. Bewegt man nun die prismatischen Farben in der angenommenen Richtung, so breiten sie sich im Verhältniß zur Undulationsgeschwindigkeit auf dem Kreise aus, also geht das violette Ende des Bildes voran und die Intensität eines jeden Farbenstrahls ist geringer, je weiter er von dem Punkte *a*, und je mehr die Farbe auf dem Kreise ausgebreitet ist. Aus der Resultante der Farben für jeden Augenblick entstehen alle Farbenordnungen. Nach der 8. oder 9. Ordnung sind keine Farbenringe sichtbar: denn dann hat das prismatische Farbenbild sich mehrere Male um den Kreis ausgebreitet, und alle Farben sind an jedem Punkt gesammelt, und geben eine schwach weisse Lichtmischung.

Jedesmal wenn die hellste prismatische Farbe im Minimo ist, endet eine Farbenordnung mit einer rothen Gränze, und da die Wellenlänge derselben Farbe, nach Fraunhofer, 21,1 Milliontel eines französischen Zolls ist, so können wir hienach eine Skale für den wahren Abstand der Gläser bilden, so wie eine rothe Gränze in das Centrum der Ringe eintritt. Das giebt grössere Abstände als Newton's Skale; allein die Unterschiede zwischen den Gränzen sind nur sehr kleine Grössen. Das von Newton gegebene Gesetz für die Veränderung der Skale bei Betrachtung der Ringe unter verschiedenen

Einfallswinkeln, scheint in das, der Undulationstheorie entsprechende Gesetz verwandelt werden zu können: daß die Veränderung der Skale im umgekehrten Verhältniß des Cosinus vom Einfallswinkel steht, wenn wir den Nullpunkt auf den Abstand der Gläser setzen, bei welchem der erste weiße Ring beginnt.

Mittelst des Gyreidoskop findet man leicht die Lichtbrechung eines tropfbar flüssigen Körpers, wenn man einen Tropfen davon zwischen die Gläser bringt und dann den den dunklen Ringen entsprechenden Abstand der Gläser mißt. Auch ist das Werkzeug zu dem Interferenzversuch mit Spiegeln brauchbar.

Das andere Instrument, welches kleine Ausdehnungen der Körper durch die Wärme mittelst der Farbenringe mißt, nenne ich *Thermomikrometer*. Fig. 6 Taf. I zeigt die Haupttheile desselben.

*a*, *b* sind zwei Platten, die ein Planglas *c* tragen; darunter ist ein flaches Convexglas *d*, welches von einem Körper *e* (z. B. einer Zinklamelle) gegen das Planglas gedrückt wird. Dieser Körper ist in einem Rahmen *f* eingesetzt, welcher in verschiedener Höhe befestigt werden kann. Das Planglas wird durch Schrauben gestellt, um, wenn man es wünscht, die Farben in den Mittelpunkt zu bringen. Die unteren Enden der Platten *a*, *b* werden an den Fuß des Instruments festgeschroben. An diesem sind auch die übrigen Theile des Instruments befestigt, nämlich, eine Fassung, welche in einigem Abstand das Thermomikrometer allseitig, nur nicht oben, umgiebt, um es vor fremder Wärme zu schützen. Sie hat ein Rohr zur Einlassung der Wärmestrahlen, deren Wirkung auf den Körper *e* beobachtet werden soll. Die Farbenringe sieht man durch ein Mikroskop, welches auf einer Alhidade nach einem Gradbogen gestellt wird. Der Schirm gegen die schädlichen Lichtstrahlen wird durch excentrische Bogen bewegt, die auf der Axe der Alhidade befestigt sind. Ein Planspiegel und ein parabolischer Spiegel leiten das  
Licht

Licht von einem in beliebiger Höhe zu nehmenden Punkt des Himmels oder von einer Lampe unter den erforderlichen Einfallswinkeln auf die Farbenringe. Die im Allgemeinen brauchbaren Winkel liegen zwischen  $15^{\circ}$  und  $50^{\circ}$ .

Das Thermomikrometer wird auf folgende Weise gebraucht. Man setzt den auf seine Ausdehnung zu untersuchenden Körper ein, giebt dem Mikroskop eine Neigung von  $40^{\circ}$  bis  $50^{\circ}$  (zuweilen  $15^{\circ}$  bis  $20^{\circ}$ ), und stellt das Planglas so, bis die rothe Farbe, von der man ausgehen will, in der Mitte der Ringe sichtbar ist. Hierauf bringt man die Farbengränze in das Centrum durch eine neue Einstellung des Mikroskops, welche man im Augenblick der Beobachtung vornimmt. Will man in einem folgenden Augenblick die Ausdehnung finden, so verschiebt man das Mikroskop, bis man dieselbe oder eine nähere Farbengränze im Centro sieht. Hält die Ausdehnung an, so macht man im nächsten Augenblick eine neue Einstellung des Mikroskops. Aus den gemachten Ablesungen ergibt sich, zufolge der angeführten Skale und einer nach dem erwähnten Gesetz berechneten Tafel, die Ausdehnung der Körper. Will man die Ausdehnung im Verhältniß zur Temperatur kennen, so muß diese zugleich durch ein in das Thermomikrometer gebrachtes feines Thermometer, das z. B. Viertel und Zehntel eines hunderttheiligen Grades angiebt, beobachtet werden.

Alles was sonst noch zu beachten ist, kann nicht in diesem Auszug beschrieben werden; die Experimentatoren werden leicht darauf verfallen. Als Beispiel von der Empfindlichkeit des Instruments will ich hier Folgendes anführen. Berührt man die Zinklamelle mit einer Fingerspitze, so ist die Ausdehnung durch die Wärme des Fingers so stark, daß alle Farbenordnungen in einem Augenblick durchlaufen werden.

Die Wärme dehnt natürlicherweise schon die Theile

des Thermomikrometers aus; allein diese Ausdehnung kann ein für alle Mal bestimmt werden. Man macht 3 Reihen von Beobachtungen bei einer hinreichenden Anzahl kleiner, gleich großer Wärmeunterschiede, nämlich:

erstens mit Platten <i>a, b</i> von Messing, Lamelle von Zink	
dann - - - - -	Kupfer
endlich - - - - -	Zink.

Aus jeder Beobachtungsreihe leitet man ein Gesetz für die Ausdehnung  $v$  ab nach der allgemeinen Formel:

$$v = at + \beta t^2 + \gamma t^3 + \dots$$

Addirt man je zwei der berechneten Reihen und zieht von der Summe die dritte ab, so haben wir besondere Gesetze für die Ausdehnung des gebrauchten Messings, Kupfers und Zinks. Durch Wiederholung der Versuche mit verschiedenen Längen von Zinklamellen findet man den Einfluss der Ausdehnung des Glases auf die Coëfficienten, und dann ist die Ausdehnung eines jeden Theils bestimmt.

Aufser der Ausdehnung der Körper im Allgemeinen kann die Ausdehnung der Krystalle nach verschiedenen Axen gefunden werden, ferner die Ausdehnung der Kugeln und Röhren von Thermometern, und dadurch die von Quecksilber und andern Flüssigkeiten.

Die Wärme, welche bei Zusammendrückung von Flüssigkeiten entwickelt wird, lässt sich finden durch ein Thermomikrometer von einem Paar Stahlröhren, welche das Planglas tragen, und einer Zinklamelle, welche das Convexglas trägt. Dieses wird in die Flüssigkeit gesenkt und mit homogenem Licht beleuchtet.

Die Untersuchungen über die strahlende Wärme bewerkstelligt man mittelst einer in das Thermomikrometer eingesetzten Zinklamelle, die durch sehr schwache Strahlen erkennbar erwärmt und ausgedehnt wird, und in  $1\frac{1}{2}$  Minuten das Maximum ihrer Ausdehnung erlangt. Alle Versuche, welche mit Melloni's Thermoskop gemacht werden können, lassen sich auch mit dem Thermomikro-

meter anstellen, und man erhält bestimmtere und bei geringen Graden meßbare Resultate. Wir können noch weiter gehen und Interferenzversuche anstellen, wenn die Zinklamelle gegen einen Zinkdraht vertauscht wird. Diese Klasse von Versuchen unternimmt man bei constanter Temperatur.

---

### XVI. *Neues Hygrometer; von Savary.*

---

**H**r. Arago hat kürzlich der Academie zu Paris ein Hygrometer vorgezeigt, welches der verstorbene Savary hatte anfertigen lassen. Diefes Hygrometer, nach der schon von Le Roy, zu Montpellier, ausgesprochenen und seitdem zu verschiedenen Instrumenten (unter andern von Daniell zu seinem Hygrometer) benutzten Idee construirt, führt zur Kenntniß des hygrometrischen Zustandes der Luft, indem es zeigt, bis zu welchem Temperaturgrade die Luft abgekühlt werden muß, damit der Dampf sich niederschlägt. Es besteht der Hauptsache nach aus einem spiralförmigen Metallthermometer. Die ungleich ausdehnbaren Bestandtheile der Feder sind eine Lamelle von Platin und eine daran gelöthete von Gold. Das Ganze ist eingeschlossen in eine sehr dünne runde Kapsel von Platin, deren eine Seite einen hervorspringenden Rand besitzt, um so als Becher zur Aufnahme einiger Tropfen Aether zu dienen. Die zur Angabe der Temperatur dienende Nadel befindet sich unter der Kapsel, und empfängt ihre Bewegung von einer Axe, die durch die Mitte des unteren Bodens geht. Diese Nadel ist doppelt. Eine ihrer Hälften kann durch einen Druck auf einen Sperrhaken plötzlich angehalten werden. Eine kleine Oeffnung auf dem cylindrischen Umfang der Platin kapsel erlaubt, die äußere Fläche des Metallthermometers zu sehen.

Auf diesen Theil der Fläche nun schlägt sich die Feuchtigkeit der Luft nieder, sobald durch die Verdampfung einiger Tropfen Aether, die auf den Deckel der Platinkapsel gebracht worden, diese Kapsel und folglich auch das darin eingeschlossene Thermometer hinreichend erkaltet worden sind. Nach der von Savary gewählten Einrichtung müssen *alle Theile* seines Metallthermometers sehr nahe dieselbe Temperatur besitzen, und somit verschwindet der einzige, einigermassen gegründete Einwurf, den man gegen die verschiedenen Mittel gemacht, mit Hülfe deren verschiedene Physiker den Gedanken von Le Roy zu verwirklichen gesucht haben. Es braucht übrigens wohl nicht gesagt zu werden, daß das Savary'sche Hygrometer eben so leicht zur Beobachtung der Verdunstungskälte als zu der des Niederschlags der atmosphärischen Feuchtigkeit benutzt werden kann. (*Compt. rend. T. XIII p. 450.*)

## XVII. *Neues Hygrometer; von G. A. Majocchi.*

(Aus der seit Anfang dieses Jahres vom Verfasser herausgegebenen Zeitschrift: *Annali di fisica, chimica e matematiche*, Vol. I p. 30.)

Diesem Instrumente liegt die Idee zum Grunde, die Spannung zu bestimmen, welche dem in der Luft befindlichen Dampfe an seinem, der jedesmaligen Temperatur entsprechendem Maximo fehlt, woraus sich dann, da dieses Maximum bekannt ist, durch bloße Subtraction die vorhandene Spannung und Menge des Dampfes herleiten läßt. Der Verfasser nennt es daher Spannungs-Hygrometer (*igrometro a tensione*).

Man sieht dieß Hygrometer auf Taf. I Fig. 7 des vorigen Bandes abgebildet. Es besteht wesentlich aus zwei Glasröhren *AB*, *ab* von 88 Millimet. Länge, und



das eine von 15, das andere von 5 Millimet. innerem Durchmesser, beide versehen unten mit einer Fassung und einem Hahn von Eisen, und durch einen Kanal *Aa* aus gleichem Metall mit einander verbunden. Das weitere Rohr *AB* hat oben eine Messingfassung mit Hahn, auf welche das ebenfalls mit einem Hahn versehene Messingrohr *T* aufgesetzt ist. Ein System von zwei Messingringen, welche respective die beiden Glasröhren *AB*, *ab* umschließen, wird getragen von einem Arme *C*, befestigt an einem Verbindungsstück, welches mittelst des Getriebs *S* beweglich ist in einem der Ständer, die den ganzen Apparat halten. Mit diesem Systeme ist verbunden eine in Millimeter getheilte Skale und ein Nonius, welcher längs der Skale mittelst des Getriebes *R* verschoben werden kann. Die übrigen Theile des Instruments sind leicht aus der Figur verständlich.

Will man mit diesem Instrument die Luft an einem gegebenen Ort auf ihre Feuchtigkeit untersuchen, so füllt man mit ihr das grössere Rohr *AB*. Zu dem Ende ist erforderlich zuerst die darin enthaltene Luft auszutreiben; man nimmt also das Messingrohr *T* ab, öffnet den Hahn *F* und gießt in die Röhre *AB* das in dem Becher *V* enthaltene Quecksilber, welches hinreichen muß, dieselbe gänzlich zu füllen. Hierauf bringt man den Apparat an den Ort, wo man die Feuchtigkeit der Luft ermitteln will, und öffnet die Hähne *d*, *D*. Das Quecksilber setzt sich in den beiden Röhren *AB*, *ab* in Niveau und fließt zugleich in den Becher *V*, der wieder unter die große Röhre *AB* gestellt worden ist. Während sonach das Quecksilber abfließt, tritt die Luft des Orts durch den Hahn *F* ein. Wenn in den beiden Röhren *AB*, *ab* nur noch wenig Quecksilber über der Fassung *A*, *a* steht, schließt man den Hahn *D*, um das fernere Ausfließen desselben zu verhüten, bringt das Messingrohr *T* wieder an seinen Ort und verschließt den Hahn *F*, wodurch die zu untersuchende Luft in den

Raum  $AB$  eingeschlossen ist. Durch Drehung des Getriebes  $S$  senkt man nun das System der beiden Ringe so weit, daß es mit seinem unteren Rand in Niveau kommt mit dem im Rohre zurückgebliebenen Quecksilber. Jetzt bringt man in die Messingröhre  $T$  einige Tropfen Wasser und hält sie mittelst des Hahns  $G$  daselbst eingeschlossen. Oeffnet man darauf den Hahn  $F$ , so fällt eine Portion des Wassers in den Raum  $AB$ , auf das am Boden desselben befindliche Quecksilber, und, nach Verschluss des Hahns, verdampft es, sättigt die eingeschlossene Luft und vergrößert die Spannung. Demzufolge steigt das Quecksilber in dem kleinen Rohre  $ab$  über das im großen  $AB$ , und erreicht darin bald sein Maximum, ungeachtet noch etwas Wasser im großen Rohre vorhanden ist. Alsdann verschiebt man den Nonius  $N$  mittelst des Getriebes  $R$  bis sein unterer Rand wieder mit dem Quecksilber im Rohre  $ab$  in Niveau steht. Offenbar mißt alsdann die vom Nonius angegebene Zahl von Skalentheilen die Spannung des Dampfes, welcher zur Sättigung des Raumes  $AB$  erforderlich war, und diese Spannung, abgezogen von der der Temperatur entsprechenden Maximum-Spannung, giebt die des bereits vorhandenen Dampfes.

Gesetzt die Temperatur sey  $20^{\circ} \text{C.}$ , so ist das Maximum der Spannung  $= 19^{\text{mm}},450$ . Hätte man nun, durch Sättigung des Raumes  $AB$  mit Wasserdampf, eine Zunahme der Spannung  $= 3^{\text{mm}},5$  beobachtet, so würde die Spannung des bereits in der Luft vorhandenen Dampfes  $= 15^{\text{mm}},950$  gewesen seyn.

*Zusatz des Herausgebers.* Ohne entfernt eine Priorität geltend machen zu wollen, erlaube ich mir hier zu bemerken, daß ich vor länger als einem Jahrzehnt die dem Instrumente des Hrn. Majocchi zum Grunde liegende Idee auf eine andere Weise zu verwirklichen ge-

sucht habe. Eine Messingscheibe von etwa 6 Zoll Durchmesser, die horizontal auf einem Gestelle ruhte, war auf der oberen Seite eben geschliffen, nahe ihrer Mitte mit einer etwa einen Zoll weiten Vertiefung versehen und in der Mitte selbst durchbohrt, um eine unten angebrachte U-förmige offene Röhre luftdicht aufzunehmen. Diese Röhre enthielt Wasser oder Quecksilber und die Vertiefung auch etwas Wasser. Auf die Scheibe schob ich eine unten abgeschliffene und etwas eingefettete Glasglocke, zunächst so, daß sie die mit Wasser angefüllte Vertiefung nicht einschloß. Die Luft in derselben befand sich also in ihrem natürlichen Zustande. Schob ich nun die Glocke weiter, so daß der kleine Wasserbehälter und der eine Schenkel der U-förmigen Röhre unter sie zu stehen kamen, so sättigte sich die eingeschlossene Luft mit Feuchtigkeit, die Spannung wuchs, und demgemäß stieg die Flüssigkeit in dem andern Schenkel der gebogenen Röhre empor. Die Gröfse des Steigens ergab dann die Zunahme der Spannung. Um, zu einen neuen Versuch, die Glocke mit frischer Luft zu füllen, wurde sie abgehoben und einige Male herumgeschwenkt. Vielleicht wegen der Schwierigkeit, die eingeschlossene Luft während des Versuchs auf eine und dieselbe Temperatur zu erhalten, habe ich indeß mit diesem Instrument keine recht zuverlässigen Ergebnisse bekommen können, und das hat mich abgehalten, dasselbe bisher zu beschreiben. Eine bessere als die damalige Ausführung des Instruments würde jedoch wohl diese und andere Schwierigkeiten beseitigen lassen, wenn sonst das Verfahren vorzüglicher als die bekannten würde befunden werden, was ich indeß einigermassen bezweifeln möchte.

---

# XVIII. *Neue Formen des tesseralen Krystallisations-Systems; von August Breithaupt.*

## I. Zwei deltoide Ikositessaraëder am Magneteisenerze.

Nach Hrn. Prof. von Kobell giebt es, der Mischung nach, *zweierlei Magneteisenerze*, das eine ist  $\text{Fe}^3\text{Fe}^4$  mit 75,27 Oxyd und 24,73 Oxydul, das andere  $\text{Fe}^2\text{Fe}^4$  mit 69 Oxyd und 31 Oxydul. Mineralogisch lassen sich beide unterscheiden, und nur sehr selten finden sie sich an einem Orte zusammen. Es wird dem ersteren in meiner vollständigen Charakteristik des Mineralsystems, 3. Aufl. S. 232, als »*magnetisches Eisenerz*« entsprochen, hat die Härte  $7\frac{1}{4}$  bis 8, und nach nunmehr zehn Beobachtungen das specifische Gewicht 5,142 bis 5,177. Hieher gehören Abänderungen aus dem Zillerthale und vom Grainer in Tyrol, von Breitenbrunn im Erzgebirge, von Presnitz in Böhmen zum Theil, von Rudolphstein im Voigtlande, von Gelliwara in Lappland, von Balmi in Piemont, von Carnaiba in Brasilien, aus dem Ural etc. Es scheint, daß derselbe vorzüglich im Talk-, Chlorit- und Glimmerschiefer zu Hause sey. — Dem andern wird a. a. O. durch den Anhang an das erste als »*leichteres Magneteisenerz*« entsprochen. Es hat die Härte 6 bis 7 und das specifische Gewicht nach nunmehr elf Beobachtungen 4,967 bis 5,072. Dahin zähle ich Abänderungen von Berggieshübel in Sachsen, von der Engelsburg (hier zum Theil) und von Orpus bei Presnitz in Böhmen, vom Kaiserstuhl im Großherzogthum Baden, von Orijerfvi in Finland, von Arendal in Norwegen, von Rudna-Glava und Suwo-Rudische in Serbien, von Haddam in Connecticut etc. Dieser scheint besonders im Kalkgebirge, ferner in Begleitung von Aplom-Granat, Kupferkies etc. vorzukommen.

Zwei eifrige Mineralogen, Hr. Finanz-Procurator Lindner zu Schwarzenberg und Hr. Bergfactor Richter zu Zwickau, fanden, von einander ganz unabhängig, ein und denselben Mineralkörper das *leichtere Magneteisenerz* in *neuen Formen* auf, und ich war so glücklich von beiden Herren Proben des interessanten Fundes zu erhalten. Es sind dieß die Fig. 7 und 8 Taf. I abgebildeten Krystalle, welche auf kryptischem Karbonspath, *Carbonites crypticus*, einzeln aufsitzen, der wieder auf weißem körnigen Marmor lagert; von der Grube Zweigler zu Wildenau bei Schwarzenberg, wo man im Gneis-Glimmerschiefergebirge zugleich Lager von Magneteisenerz und Kalkstein abbaut. Die größeren Krystalle zeigen nur die einfache Gestalt Fig. 7 Taf. I oder noch schwache Abstumpfungen der dreikantigen Ecken. Die kleineren combinirteren Krystalle, Fig. 8 Taf. I, sind höchst scharfkantig ausgebildet, mit einziger Ausnahme der Kante zwischen  $z$  und  $f$ , welche gerundet ist.

An der Gestalt Fig. 7 Taf. I, ein hexaëderähnliches deltoides Ikositessaraëder,  $z$ , fand ich die Neigung der Flächen an den Nebenkanten  $101^{\circ} 50'$  bis  $101^{\circ} 58'$ , im Mittel  $101^{\circ} 54'$ ; an der Fig. 8 Taf. I betrug die Neigung von  $z$  auf  $h$  (das Hexaëder)  $171^{\circ} 51'$  bis  $172^{\circ} 0'$ , im Mittel aller Beobachtungen  $171^{\circ} 55'$ . Es ist mithin dieser neuen Gestalt die Formel  $\frac{1}{10}I$ , nach meiner Ableitung, §. 174 des ersten Bandes meines vollst. Handb. der Mineralogie, zu ertheilen, oder, nach Naumann, 10 O 10. Die octaëdrische Eckenaxe ist, vom Octaëder ausgegangen, auf  $\frac{1}{10}$  verkürzt, während die hexaëdrische Eckenaxe, vom Hexaëder ausgegangen, auf  $\frac{3}{4}$  verkürzt erscheint. Die berechneten Dimensionen dieser bisher unbekannt gewesenen Gestalt sind:

$$\begin{aligned}\frac{1}{10}I &= 168^{\circ} 38' 33'' \text{ an den Hauptkanten,} \\ &= 101^{\circ} 52' 48'' \text{ an den Nebenkanten,} \\ &= 163^{\circ} 54' 3'' \text{ über die vierkantigen Ecken.}\end{aligned}$$

Ein dem Hexaëder noch mehr ähnliches deltoides

Ikositessaraëder giebt sich an Fig. 8 Taf. I in den Flächen  $f$  zu erkennen, combinirt mit  $\frac{1}{16}I = z$ ,  $h =$  Hexaëder,  $o =$  Octaëder. Wegen der Flächenkrümmung konnte ich es jedoch nur approximativ bestimmen, die Neigung gegen das Hexaëder ( $f$  auf  $h$ ) betrug  $174^{\circ} 40'$  bis  $175^{\circ} 1'$ , im Mittel  $174^{\circ} 48'$ , und allerdings um  $9'$  verschieden von dem Werthe  $\frac{1}{16}I$ , bei welchem jene Neigung  $174^{\circ} 56' 56''$  beträgt.  $\frac{1}{16}I$  ist, nach Naumann, 16 O 16. An der Richtigkeit des angenommenen Werthes zweifle ich übrigens wenig, da die Art der Winkeldifferenz mit der Richtung der Krümmung zusammentrifft. Ich habe davon die Neigungen der Flächen, wie folgt, berechnet:

$$\begin{aligned}\frac{1}{16}I &= 172^{\circ} 52' 0'' \text{ an den Hauptkanten,} \\ &= 97^{\circ} 20' 56'' \text{ an den Nebenkanten,} \\ &= 169^{\circ} 53' 52'' \text{ über die vierkantigen Ecken.}\end{aligned}$$

Diefs ist die dem Hexaëder ähnlichste, die flachste Varietät von allen bis heute bekannten deltoiden Ikositessaraëdern oder Leuzit ähnlichen Körpern; denn die zeither flachste Varietät hatte Naumann am Bleiglanze beobachtet, von ihm 15 O 15, von mir  $\frac{1}{15}I$  bezeichnet. Während bei  $\frac{1}{16}I$  die octaëdrische Eckenaxe, vom Octaëder ausgegangen, auf  $\frac{1}{16}$  verkürzt ist, erscheint die hexaëdrische Eckenaxe, vom Hexaëder ausgegangen, auf nur  $\frac{5}{8}$  reducirt.

Die schwarzen einzeln aufsitzenden Krystalle nehmen sich auf der röthlichweißen Unterlage recht wohl aus, und es ist bei diesem Vorkommen nur zu bedauern, dafs vielleicht nicht mehr als zehn Stücke aus einer Druse existiren. — —

Vom Kaiserstuhl in Baden ist mir an demselben Mineral ein deltoides Ikositessaraëder bekannt; es scheint jedoch die gemeinste Varietät, die des Leuzits  $= \frac{1}{4}I$  zu seyn.

## II. Zwei hexaëderkantige Ikositessaraëder am Granat.

Durch die Güte des für die Mineralogie sehr eifrigen Hrn. Bergcommissär *Albrecht*, der während einiger Jahre den Betrieb der Zinnbergwerke von *Pitkärände* bei Serdopol im Gouvernement Wiborg dirigitte, kam ich in den Besitz der dasigen mineralogischen Vorkommnisse. Die einfachen Krystalle von Zinnerz (Zwillinge scheint es hier gar nicht zu geben), Eisenkies, Kupferkies, Akanthikon-Epidot, Bergkork, Granat und andere Mineralien sind in Pitkärände sehr ausgezeichnet zu Hause. Der *Granat* ist, mit Ausnahme des unten angeführten Falls, der *aplome*, theils derb, theils in schönen rhombischen Dodekaëdern ohne und mit Abstumpfung der Kanten ( $\frac{1}{2}I$ ), von schwärzlich- und lauchgrüner bis fast grünlichschwarzer Farbe und undurchsichtig. Das spezifische Gewicht fand ich 3,815. In einigen Drusen sind die Krystalle dieses Granats von einer Haut eines *andern Granats* in der Stärke eines Messerrückens überlagert, welcher *honiggelb von Farbe* und ziemlich durchscheinend ist. Dieser *Granat* nun zeigt die in Fig. 9 Taf. I gezeichnete Combination *zweier hexaëderkantiger Ikositessaraëder* und hat nur das spezifische Gewicht von 3,600, wogegen der schwärzlichgrüne Kern eines solchen Krystalls wieder 3,809 wog. Die Gestalt, welche mit *n* bezeichnet erscheint, ist eine (wenn auch nicht am Granat) bekannt gewesene, nämlich  $\frac{1}{2}I'$  (nach Naumann  $\infty O2$ ), welche an den Hauptkanten und Nebenkanten den gleichen Winkel  $143^{\circ} 7' 48''$  hat, und an der die Neigung der Flächen über eine vierkantige Ecke  $126^{\circ} 52' 12''$  beträgt, die ich  $126^{\circ} 50'$  bis  $126^{\circ} 51'$  fand. M. s. §. 178 meines oben angeführten Werkes.

Die in Fig. 9 Taf. I mit *g* bezeichnete Gestalt ist dagegen eine neue, und, von allen gleichnamigen, die dem rhombischen Dodekaëder am nächsten kommende.

Ich fand die Neigung von  $n$  auf  $g = 163^\circ 16'$ , und diese Abmessung steht dem Werthe  $\frac{1}{2}I'$ , bis auf eine Differenz von 4 Minuten, gleich. Die berechneten Neigungen der Flächen sind nun folgende:

$$\begin{aligned}\frac{1}{2}I' &= 177^\circ 3' 45'' \text{ an den Hauptkanten,} \\ &= 121^\circ 51' 37'' \text{ an den Nebenkanten,} \\ &= 92^\circ 56' 15'' \text{ über die vierkantigen Ecken.}\end{aligned}$$

Der oben gemessene Winkel  $n$  auf  $g$  muß mithin  $136^\circ 20' 20''$  betragen.

Es sind mir noch einige honiggelbe Granate bekannt, die dem von Pitkärände nahe stehen. Ein solcher vom Vesuv — nicht zu verwechseln mit dem hyazinthrothen und röthlichbraunen — wog 3,566 und krystallisirt als  $D$ ;  $\frac{1}{2}I$ ; darin fand Hr. Oberschiedsgardein Plattner einen Kaligehalt auf. Den sogenannten Topazolith von Wurlitz im Fichtelgebirge fand ich 3,657. Im Forstwalde bei Schwarzenberg im Erzgebirge kommt, jedoch selten, ein gleichfarbiger Granat vor, der in seiner Combination  $D$ ;  $\frac{1}{2}I$  und das hexaëderkantige Ikositessaraëder  $\frac{2}{3}I'$  combinirt zeigt, dessen Gewicht ich jedoch nicht kenne.

## XIX. *Kalkspath und Aragon; von Demselben.*

Dieselben finden sich nicht ganz selten zusammen; dessen ungeachtet scheint folgendes neue Vorkommen der Aufzeichnung werth. Um das Jahr 1797 blieb der Betrieb eines Stollns liegen, der zu Stenn bei Zwickau nach der vorliegenden Eisensteingrube, Neugeboren Kindlein, geführt werden sollte. Er ist in sogenanntem grünem Mandelstein und Grünstein getrieben, welche in Blasenräumen und Gangschnüren viel Kalkspath enthalten.



Im vorigen Jahre wurde der zum Theil zu Bruche gegangene Stolln wieder aufgesäubert, und man fand an verschiedenen Stellen in der Sohle, besonders aber da, wo sich die Wasser gestaut hatten, dicke Massen von Kalksinter gebildet. Dieser Kalksinter hat das Eigenthümliche zugleich aus Kalkspath und Aragon zu bestehen, so daß der eine dieser Körper nach dem andern sich abwechselnd gebildet haben muß, nicht etwa daß der eine aus der Zerstörung des andern hervorgegangen. Ich besitze ein Stück solchen Kalksinters, in welchem *Kalkspath und Aragon lagenweise dreizehn Mal mit einander wechseln*. Man hat mir gesagt, daß der Stolln, welcher überhaupt wasserreich ist, kurze Zeit nach starken Gewittern und nach Thauwettern besonders starken Wasserabfluß zeige. Vielleicht ist die Temperatur-Verschiedenheit von diesen Sommer- und Winterfluthen die Ursache, daß sich bald Aragon, bald Kalkspath abgesetzt hat.

---

XX. *Ueber eine, einem sogenannten Gasevulkane ähnliche Erscheinung in Mähren; vom Prof. E. F. Glocker in Breslau.*

---

An der östlichen Seite des Dorfes Reichenau, welches in geringer Entfernung nördlich von Mährisch-Trübau liegt, erhebt sich ein ansehnlicher länglicher Berg, dessen Längenausdehnung in die Streichungslinie der großen Quadersandsteinkette des nordwestlichen Mährens und des angrenzenden Theiles von Böhmen fällt. Den Fuß dieses Berges umgeben sehr flache Hügel, welche aus Rothsandstein (rothem Liegenden) bestehen, dessen Schichten an den gegen Reichenau zugekehrten Abhängen unter ungefähr 15° nach Nordwesten einfallen. Auf den

Rothsandstein ist feinkörniger, gelblichweißer Quadersandstein gelagert, und der lange, mit Nadelholz- und Buchenwaldung bedeckte Rücken des Reichenauer Berges besteht ganz aus Quadersandstein, und erscheint scharf und schroff auf den Rothsandstein aufgesetzt, wie eine Mauer, bis zu der schwachen Dammerdedecke am obersten Rande hinaufragend. Der Quadersandstein ist auffallend zerklüftet, die Klüfte sind  $\frac{1}{2}$  bis 1 und  $1\frac{1}{2}$  Fufs von einander entfernt, ziehen sich senkrecht herab und schneiden die fast horizontalen Schichten rechtwinklich, wodurch eine parallelepipedische Absonderung entsteht. Sowohl in der obersten schroffsten Sandsteinwand, als in dem weiter unten anstehenden Quadersandstein fand ich eine Zwischenlage von festem blaulichgrauem Plänermergel, stark zerklüftet und beim Zerschlagen parallelepipedisch zerspringend.

Auf der obersten, ziemlich breiten und lang ausge dehnten Fläche des Gipfels des Reichenauer Berges befinden sich nun drei Pfützen, welche ungefähr in der Mitte der Fläche in gerader Linie sich an einander reihen. Sie liegen sämmtlich mitten in der Waldung, und sollen in früheren Jahren viel gröfser und wasserreicher gewesen, aber allmählig an ihren Rändern eingetrocknet seyn. Man spricht in der Gegend allgemein von einem grofsen und sehr tiefen See, welcher früher den gröfsten Theil des Plateaus dieses Berges eingenommen haben soll. Die gegenwärtige Beschaffenheit der erwähnten Pfützen, wie ich sie bei meinem Besuche im August 1840 fand, ist folgende:

Die erste, d. i. nördlichere, jener Pfützen, hat ungefähr  $3\frac{1}{4}$  Klafter Längenausdehnung, d. i. nach der Längenrichtung des Berges, und 2 Klafter Breite. Die zweite, mittlere, ist 24 Schritte von der ersten entfernt und ungefähr  $6\frac{1}{2}$  Klafter lang und beinahe eben so breit. In beiden wächst spärlich Schilf und Gras <sup>1)</sup>. Die erste hat in der Mitte ein tiefes, mit Wasser angefülltes Loch,

1) Die dritte, südlichere Pfütze ist ganz mit Gebüsch verwachsen,

in welchem man durch eine 6 Klafter lange Stange noch keinen Grund gefunden hat. Man kann sich wegen des umgebenden Sumpfes nur mit einiger Gefahr auf einem Brette dem Loche nähern. Das darin befindliche Wasser ist meistens in einem ruhigen Zustande; zuweilen aber, vorzüglich im Sommer, bei trockner Witterung, steigen Luftblasen daraus empor, welche die ganze Oberfläche mit Perlen bedecken. Wenn diese letztere Erscheinung stattfindet, entsteht oft zugleich im Innern des Berges ein dumpfes Geräusch, einem fernen Kanonendonner ähnlich, welches auf ein Paar Meilen weit gehört wird. Hr. Apotheker Erxleben in Landskron sagte mir, daß er dieses Geräusch an seinem Wohnorte schon mehrmals gehört habe. Besonders zeigt sich dasselbe, wie man wahrgenommen hat, vor einem bevorstehenden Gewitter; dieses gilt den Bewohnern der umliegenden Gegend als eine ausgemachte Sache, sie pflegen, wenn sie das Geräusch hören, zu sagen: der Berg rumpelt, es kommt ein Gewitter.

Die oben erwähnte Erscheinung auf dem Reichenauer Berge hat offenbar die größte Aehnlichkeit mit einem sogenannten *Gasvulkan*, nur daß in dem Sumpfe, in dessen Mitte die Gasexhalation stattfindet, keine kegelförmige Erhöhung sichtbar ist, wie bei den italiänischen Gasvulkanen. Es ist jedoch leicht denkbar, daß, weil die Umgebung um die mit Wasser angefüllte Oeffnung ganz sumpfig ist, die sich bei den Gasexhalationen etwa erhebende Erdmasse immer schnell wieder in den Schlamm hinabsinkt, und daher immer wieder in gleiches Niveau mit der umgebenden Fläche tritt. Bemerkenswerth ist aber, und vielleicht bis jetzt das einzige Beispiel dieser Art, daß die Formation, auf welcher die Erscheinung stattfindet, Quadersandstein ist, welcher an den das Sumpfgebiet umgebenden Stellen nur mit einer geringen Lage von Dammerde bedeckt

und darin so versteckt, daß ich ihre Ausdehnung nicht bestimmen konnte.

ist. — Das donnerähnliche Getöse, welches der Berg von Zeit zu Zeit hören läßt, hat einige Aehnlichkeit mit den Detonationen auf der Insel Meleda bei Ragusa, welche Hr. Director Partsch beschrieben hat.

Näheres über die in Rede stehende Erscheinung behalte ich mir für eine spätere Mittheilung vor.

---

**XXI. *Merkwürdiger Meteorsteinfall in Ungarn; aus einem Schreiben des Hrn. Baron von Reichenbach.***

---

Schloß Reisenberg bei Wien, 2. Oct. 1841.

— **G**estern kam ich aus Ungarn zurück, von wo ich eine interessante Neuigkeit mitbringe: — eine ganze Tasche voll, nicht Meteorsteine, sondern Meteorsteinchen, klein wie Erbsen, Hirse und Mohnkörner. Südöstlich vom Neusiedlersee ist ein wirklicher Regen von kleinen Steinchen, zu vielen Millionen, niedergegangen, und hat sich über mehrere Quadratmeilen verbreitet. Ich habe dieß Ereigniß an Ort und Stelle, zu Iwan, genau geprüft, und außer Zweifel gefunden. Die Steinchen gleichen sehr dem Bohnerze, und sind von den bisherigen Meteorsteinen gänzlich verschieden. Das ganze Ereigniß trat unter durchaus veränderten Umständen auf, und hatte keine Aehnlichkeit mit den bisher beobachteten Aërolithenfällen. Aber eben dadurch wird es überaus merkwürdig. Ein genauer Bericht darüber soll in Kurzem folgen.

---